

Tratamiento de la marcha agachada con flexo rígido de rodilla en parálisis cerebral infantil.

Estudio prospectivo de la cirugía multinivel, con corrección de la contractura de flexores de cadera previa a la osteotomía extensora femoral distal bilateral.

Dr. Ignacio Martínez Caballero

ÍNDICE

1-RESUMEN

2-INTRODUCCIÓN

2.1. PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL:

DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LA DEAMBULACIÓN Y ENFOQUE TERAPÉUTICO

2.2. PATOGENIA DE LAS ALTERACIONES MÚSCULO-ESQUELÉTICAS EN LA PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL.

2.3. LA MARCHA NORMAL

2.3.1. CONCEPTOS BIOMECÁNICOS INICIALES.

2.3.1.1. APLICACIÓN DEL CONCEPTO DE FUERZA EN LA DEAMBULACIÓN

2.3.1.2. APLICACIÓN DE LOS MOMENTOS DE FUERZA ARTICULARES

1. EL ACOPLAMIENTO DE LOS MOMENTOS DE FUERZA FLEXIÓN PLANTAR TOBILLO Y EXTENSIÓN RODILLA

2. EL ACOPLAMIENTO DEL PAR DE MOMENTOS DE FUERZA EXTENSIÓN DE RODILLA Y EXTENSIÓN DE CADERA

2.3.1.3. LAS POTENCIAS ARTICULARES

2.3.2. REQUERIMIENTOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA MARCHA

2.3.2.1. EL CONTROL DE LA LOCOMOCIÓN

2.3.2.2. LA FUENTE DE ENERGÍA

2.3.2.3. LAS PALANCAS

2.3.2.4. LAS FUERZAS

2.4. EL ANÁLISIS INSTRUMENTADO DE LA MARCHA.

2.4.1. CINEMÁTICA

2.4.2. CINÉTICA

2.4.3. ELECTROMIOGRAFIA DINÁMICA DE SUPERFICIE

2.5. ANÁLISIS DE LA DEAMBULACIÓN NORMAL.

2.5.1. MOVIMIENTO, MOMENTOS DE FUERZA Y POTENCIAS ARTICULARES EN PLANO SAGITAL

2.5.2. PRERREQUISITOS DE LA MARCHA NORMAL

2.6. PATOGENIA DE LA ALTERACIÓN DE LA MARCHA EN LA PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL.

2.7. PATRONES DE DEAMBULACIÓN EN PARÁLISIS CEREBRAL.

2.7.1. PATRONES ANÓMALOS CINEMÁTICOS

2.7.2. PATRONES ANÓMALOS CINÉTICOS

2.7.3. PATRONES ANÓMALOS ELECTROMIOGRÁFICOS

2.8. EL PATRÓN DE MARCHA AGACHADA EN LA PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL

2.8.1. DEFINICIÓN

2.8.2. FRECUENCIA DE LA MARCHA AGACHADA

2.8.3. ETIOPATOGENIA

2.8.3.1. INSUFICIENCIA DEL ACOPLAMIENTO FLEXIÓN PLANTAR TOBILLO-EXTENSIÓN RODILLA

2.8.3.2. PATOLOGÍA EN ISQUIOSURALES

2.8.3.3. DISFUNCIÓN DE BRAZO DE PALANCA OSTEOARTICULAR

2.8.3.3.1. DISFUNCIÓN DISTAL A LA RODILLA

2.8.3.3.2. DISFUNCIÓN EN LA ARTICULACIÓN DE LA RODILLA

1-EN LA ARTICULACIÓN FEMORO-ROTULIANA

- 2-EN LA ARTUCLACIÓN FEMORO-TIBIAL
- 3-DISFUNCIÓN PROXIMAL A LA RODILLA
- 2.8.3.4. INSUFICIENCIA DEL APARATO EXTENSOR
- 2.8.3.4. ALTERACIONES DEL EQUILIBRIO
- 2.8.3.5. ALTERACIONES SENSORIALES
- 2.8.4. CARÁCTER PROGRESIVO DE LA MARCHA AGACHADA

2.9. TRATAMIENTO DE LAS ALTERACIONES DE LA DEAMBULACIÓN EN LA PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL

2.10. CIRUGÍA MULTINIVEL EN PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL

- 2.10.1. DEFINICIÓN
- 2.10.2. ANTECEDENTES
- 2.10.3. CONCEPTOS CLAVE
- 2.10.4. FACTORES CONDICIONANTES DEL RESULTADO

2.11. EL CONCEPTO DE LA MATRIZ DIAGNÓSTICA EN LA TOMA DE DECISIONES PRE-QUIRÚRGICAS

- 2.11.1. HISTORIA CLÍNICA
- 2.11.2. EXPLORACIÓN FÍSICA
- 2.11.3 EVALUACIÓN FUNCIONAL
- 2.11.4. ESTUDIO DE IMAGEN
- 2.11.5. ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO
- 2.11.6. TOMA DE DECISIONES

2.12. LA REHABILITACIÓN Y CUIDADOS ORTÉSICOS ASOCIADOS A LA CIRUGÍA MULTINIVEL

3-REVISIÓN DE LAS CUESTIONES Y CONTROVERSIAS LIGADAS A LA CIRUGÍA MULTINIVEL

- 3.1. LA CIRUGÍA MULTINIVEL EN LA MEDICINA BASADA EN LA EVIDENCIA
- 3.2. LA EVALUACIÓN DE LA MARCHA MEDIANTE ÍNDICES DE VALORACIÓN GLOBAL
- 3.3. SOSTENIBILIDAD DE LAS MEJORAS
- 3.4. PREDICTIBILIDAD DE LOS RESULTADOS
- 3.5. CAMBIOS EN NIVELES GMFCS TRAS LA CIRUGÍA MULTINIVEL
- 3.6. APLICACIÓN DE LA CIRUGÍA MULTINIVEL EN PACIENTES GMFCS IV
- 3.7. CONTROVERSIAS EN TÉCNICAS COMUNES
 - 3.7.1. CIRUGÍA DEL TENDÓN DEL PSOAS
 - 3.7.2. CIRUGÍA DISTAL DEL RECTO ANTERIOR
 - 3.7.3. CIRUGÍA EN LOS GASTROCNEMIOS
 - 3.7.4. CIRUGÍA EN EL “BRAZO DE PALANCA”
 - 3.7.4.1. OSTEOTOMÍA DESROTATORIA FEMORAL
 - 3.7.4.2. OSTEOTOMÍA DESROTATORIA TIBIAL
 - 3.7.4.3. CIRUGÍA DEL PIE PLANO ESPÁSTICO
 - 3.7.4.4. CIRUGÍA DE LA INSUFICIENCIA DEL APARATO EXTENSOR DE RODILLA
- 3.8. TRATAMIENTO DEL FLEXO RÍGIDO DE RODILLA
 - 3.8.1. APLICACIÓN DE YESOS SERIADOS
 - 3.8.2. ALARGAMIENTO DE ISQUIOSURALES
 - 3.8.3. CAPSULOTOMÍA POSTERIOR DE RODILLA
 - 3.8.4. DESCENSO DE RÓTULA
 - 3.8.5. CRECIMIENTO GUIADO EN FÉMUR DISTAL
 - 3.8.6. OSTEOTOMÍA DISTAL FEMORAL EXTENSORA
 - 3.8.7. CORRECCIÓN CON FIJADORES EXTERNOS

4- REVISIÓN DE LAS PUBLICACIONES Y COMUNICACIONES REALIZADAS EN LA TEMÁTICA ESCOGIDA

5-ESTUDIOS DE COHORTES SIMILARES

- 5.9.1. SERIE DE RODDA
- 5.9.2. SERIE DE MORAIS
- 5.9.3. SERIE DE STOUT

- 5.9.4. SERIE DE JOSEPH
- 5.9.5. SERIE DE SOSSAI
- 5.9.6. SERIE DE DAS

6- PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO REALIZADO

- 6.1. JUSTIFICACIÓN
- 6.2. TOMA DE DECISIONES Y TÉCNICAS COMUNES EMPLEADAS EN NUESTROS PACIENTES
 - 6.2.1. CIRUGÍA REALIZADA EN LA CADERA
 - 6.2.1.1. TENOTOMÍA DEL PSOAS INTRAPÉLVICO
 - 6.2.1.2. APONEUROTOMÍA PROXIMAL DEL RECTO ANTERIOR
 - 6.2.2. CIRUGÍA REALIZADA EN LA RODILLA
 - 6.2.2.1. OSTEOTOMÍA DISTAL EXTENSORA FEMORAL
 - 6.2.2.2. DESCENSO DE RÓTULA
 - 6.2.2.3. RESECCIÓN DISTAL DE RECTO ANTERIOR
- 6.3. REHABILITACIÓN Y CUIDADOS ORTÉSICOS POST-CIRUGÍA
- 6.4. METODOLOGÍA HABITUAL DE EVALUACIÓN DE RESULTADOS
 - 6.4.1. VALORACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA
 - 6.4.2. VALORACIÓN DE CAMBIOS FUNCIONALES
 - 6.4.3. VALORACIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE LAS FAMILIAS

7- OBJETIVOS DEL TRABAJO E HIPÓTESIS ESTABLECIDAS

- 7.1. OBJETIVOS
- 7.2. HIPÓTESIS 1ª
- 7.3. HIPÓTESIS 2ª
- 7.4. HIPÓTESIS 3ª

8- PACIENTES Y MÉTODOS

- 8.1. HIPÓTESIS 1ª
 - 9.1.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN
 - 9.1.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
 - 9.1.3. PACIENTES RECOGIDOS, METODOLOGÍA Y ESTUDIO ESTADÍSTICO
- 8.2. HIPÓTESIS 2ª
 - 8.2.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN
 - 8.2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
 - 8.2.3. REFERENCIAS METODOLÓGICAS APLICADAS AL DISEÑO DEL ESTUDIO
 - 8.2.4. DESCRIPCIÓN EPIDEMIOLÓGICA DE LOS PACIENTES SELECCIONADOS
 - 8.2.5. METODOLOGÍA EN LA EVALUACIÓN TÉCNICA, MÉTRICAS ESCOGIDAS Y ESTUDIO ESTADÍSTICO
 - 8.2.6. METODOLOGÍA EN LA EVALUACIÓN FUNCIONAL, MÉTRICAS ESCOGIDAS Y ESTUDIO ESTADÍSTICO
 - 8.2.7. METODOLOGÍA EN LA EVALUACIÓN DE LA SATISFACCIÓN TRAS TRATAMIENTO
- 8.2.8. TÉCNICAS QUIRÚRGICAS Y COMPLICACIONES ENCONTRADAS
- 8.3. HIPÓTESIS 3ª
 - 8.3.1. REGISTRO Y ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LOS CAMBIOS EN ÍNDICES GDI Y GPS

9- RESULTADOS

- 9.1. RESULTADOS HIPÓTESIS 1ª
- 9.2. RESULTADOS HIPÓTESIS 2ª
 - 9.2.1. CORRECCIÓN DE FLEXO RODILLA
 - 9.2.2. AUMENTO DE ESTATURA
 - 9.2.3. CAMBIOS EN VALORES ESPACIO-TEMPORALES
 - 9.2.4. CAMBIOS EN VALORES CINEMÁTICOS CRÍTICOS
 - 9.2.4.1. EXTENSIÓN MÁXIMA DE RODILLA EN PERIODO DE APOYO
 - 9.2.4.2. RANGO DE MOVIMIENTO DE RODILLA EN EL CICLO DE MARCHA

- 9.2.4.3. EXTENSIÓN MÁXIMA DE CADERA EN APOYO
- 9.2.4.4. DORSIFLEXIÓN MÁXIMA DEL TOBILLO EN PERIODO DE APOYO
- 9.2.4.5. INCLINACIÓN ANTERIOR MEDIA DE LA PELVIS
- 9.2.4.6. ÍNDICES GLOBALES DE VALORACIÓN DE LA DEAMBULACIÓN:
 - 9.2.4.6.1. GAIT DEVIATION INDEX (GDI)
 - 9.2.4.6.2. GAIT PROFILE SCORE (GPS)
- 9.2.5. CAMBIOS EN VALORES CINÉTICOS
 - 9.2.5.1. IMPULSO ANGULAR EXTENSOR DE RODILLA
 - 9.2.5.2. IMPULSO ANGULAR EXTENSOR DE CADERA EN LA FASE DE APOYO
 - 9.2.5.3. IMPULSO ÁNGULAR FLEXOR DE CADERA EN LA SEGUNDA MITAD DE LA FASE DE APOYO
 - 9.2.5.4. VALOR MÁXIMO DEL MOMENTO FLEXOR PLANTAR DE TOBILLO
- 9.2.6. CAMBIOS FUNCIONALES
 - 9.2.6.1. ESCALA GMFCS
 - 9.2.6.2. ESCALA "FUNCTIONAL MOBILITY SCALE "(FMS)
 - 9.2.6.3. CUESTIONARIO "FUNCTIONAL AMBULATORY QUESSTTIONNAIRE" (FAQ)
- 9.2.7. CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN
 - 9.2.7.1. ITEMS FUNCIONALES DEL CUESTIONARIO
 - 9.2.7.2. VALORACIÓN SATISFACCIÓN DE LAS FAMILIAS
- 9.3. RESULTADOS HIPÓTESIS 3ª
 - 9.3.1. PREDICTIBILIDAD DE RESULTADOS CON EL GAIT DEVIATION INDEX (GDI)
 - 9.3.2. PREDICTIBILIDAD DE RESULTADOS CON EL GAIT PROFILE SCORE (GPS)
- 10-DISCUSIÓN
 - 10.1. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA HIPÓTESIS 1ª.
 - 10.2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA HIPÓTESIS 2ª
 - 10.3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA HIPÓTESIS 3ª
- 11-CONCLUSIONES
- 12- BIBLIOGRAFÍA.

LISTADO DE FIGURAS.

- 1ª. Colocación de marcadores y electrodos de E.M.G. dinámica
- 2ª. Gráfica del ciclo de marcha en plano sagital de rodilla
- 3ª. Gráfica de rodilla con ejemplo de compensación con exceso de movimiento en lado sano
- 4ª. Gráfica de tobillo con patrón de doble joroba como en dorsiflexión de tobillo
- 5ª. Cinemática del ciclo de marcha en pelvis, rodilla y tobillo
- 6ª. Cinemática y cinética de la marcha agachada
- 7ª. Restauración de cinemática y momentos de fuerza tras cirugía multinivel
- 8ª.a. Mecedora de talón y mecedora de antepié
- 8ª.b. Actividad electromiográfica de coactivación entre antagonistas en fase de apoyo
- 9ª. Integración de curvas cinemáticas y cinéticas en plano sagital con la E.M.G
- 10ª. Secuencia d fases durante el periodo de apoyo del ciclo de marcha
- 11ª. Secuencia de fases durante el periodo oscilante del ciclo de marcha
- 12ª. Patrones cinemáticos anómalos descritos por Rodda en marcha dipléjica
- 13ª. Patrones anómalos del ciclo de marcha descritos por Davids
- 14ª. Influencia del tronco en el patrón extensor de la rodilla
- 15ª. Gráficas cinéticas del patrón extensor en rodilla
- 16ª. Gráficas cinéticas del patrón flexor de rodilla
- 17ª. Gráficas cinéticas del patrón extensor de cadera
- 18ª. Gráficas de momentos de fuerza y potencia en patrones cinéticos extensor y flexor de cadera
- 19ª. Gráficas de momentos de fuerza y potencia del patrón de doble joroba en tobillo
- 20ª. Patrones E.M.G. en recto anterior
- 21ª. Marcha agachada severa y corrección tras cirugía multinivel
- 22ª. Disminución de la longitud del brazo de palanca asociado a la torsión tibial externa
- 23ª. Diferencias cinemáticas tras la cirugía
- 24ª. Signos de exploración habituales en musculatura bi-articular
- 25ª. Medición del ángulo muslo-pie
- 26ª. Niveles funcionales GMFCS referenciados al GMFM-66, en relación con la edad
- 27ª. Escala de Movilidad Funcional (Functional Mobility Scale)
- 28ª. Inmovilización post-operatoria
- 29ª. Abordaje medial en Zona I del grupo muscular gastrocnemio-sóleo
- 30ª.a. Abordaje posterior para la osteotomía desrotatoria femoral proximal
- 30ª.b. Estimación de la corrección de la anteversión durante el abordaje posterior
- 31ª. Corrección de la disfunción del brazo de palanca distal
- 32ª. Flexo de rodilla superior a 30º tras capsulotomías
- 33ª. Resultado radiográfico del descenso de rótula
- 34ª. Implantes utilizados en la osteotomía distal femoral extensora
- 35ª. Migración a proximal y posterior de los implantes utilizados durante el crecimiento
- 36ª. Crecimiento guiado aplicado a la cara anterior del fémur distal
- 37ª. Evolución de GDI tras cirugía multinivel
- 38ª. Realineación de las extremidades inferiores tras la cirugía
- 39ª. Abordaje del tendón del psoas
- 40ª. Aponeurotomía del recto anterior a nivel proximal
- 41ª. Osteotomía distal femoral extensora. Colocación de posicionador
- 42ª. Osteotomía distal femoral extensora. Colocación de tornillos en fragmento proximal
- 43ª. Osteotomía distal femoral extensora y descenso de rótula
- 44ª. Sutura de Krackow en márgenes de tendón rotuliano previa al descenso de rótula
- 45ª. Gráficas cinemáticas de rodilla debidas recto anterior espástico
- 46ª. Disección del recto anterior previa a su resección
- 47ª. Ajuste de ortesis
- 48ª. Gráficas del plano sagital antes y después de la cirugía de dos de los pacientes de la cohorte
- 49ª. Instalaciones del Laboratorio de Análisis del Movimiento del Hospital
- 50ª. Diagrama de cajas-Evolución del flexo de rodilla tras corrección de contractura de flexores de cadera
- 51ª. Diagrama de cajas-Corrección del flexo de rodilla
- 52ª. Diagrama de cajas-Evolución de altura al año de seguimiento
- 53ª. Diagrama de cajas-Evolución de velocidad durante el seguimiento
- 54ª. Diagrama de cajas-Evolución de cadencia durante el seguimiento

- 55ª. Diagrama de cajas-Longitud de zancada de lado derecho durante el seguimiento
- 56ª. Diagrama de cajas-Longitud de zancada de lado izquierdo durante el seguimiento
- 57ª. Diagrama de cajas-Extensión máxima de rodilla durante el periodo de apoyo
- 58ª. Diagrama de cajas-Rango de movimiento de rodilla
- 59ª. Diagrama de barras-Evolución de rango de movimiento de rodilla
- 60ª. Diagrama de cajas-Extensión máxima de cadera durante el periodo de apoyo
- 61ª. Diagrama de cajas-Dorsiflexión máxima de tobillo en el periodo de apoyo
- 62ª. Diagrama de cajas-Inclinación media anterior de la pelvis durante el ciclo de marcha
- 63ª. Diagrama de cajas-Evolución del Gait Deviation Index durante el seguimiento
- 64ª. Diagrama de cajas-Evolución del Gait Profile Score durante el seguimiento
- 65ª. Ejemplo de diferencia tras tratamiento de sumatorio de momentos de fuerza extensora de rodilla
- 66ª. Ejemplo de diferencia tras tratamiento de sumatorio de momentos de fuerza extensora de cadera
- 67ª. Diagrama de cajas-Evolución de impulso angular extensor de rodilla
- 68ª. Diagrama de cajas-Evolución de impulso angular extensor diferenciado en lados
- 69ª. Diagrama de cajas-Evolución de impulso angular extensor de cadera
- 70ª. Diagrama de cajas-Evolución de impulso angular flexor de cadera en segunda mitad periodo de apoyo
- 71ª. Diagrama de cajas-Evolución de valor máximo de momento de fuerza flexor plantar de tobillo derecho
- 71ª. Diagrama de cajas-Evolución de valor máximo de momento de fuerza flexor plantar de tobillo izquierdo
- 72ª. Diagrama de cajas-Cambios en la escala FMS 5 metros al final del seguimiento
- 73ª. Diagrama de cajas-Cambios en la escala FMS 50 metros al final del seguimiento
- 74ª. Diagrama de cajas-Cambios en la escala FMS 500 metros al final del seguimiento
- 75ª. Diagrama de cajas-Cambios en la escala FAQ al final del seguimiento
- 74ª. Diagrama de barras- Cambios en el ítem “menos caídas”
- 75ª. Diagrama de barras- Cambios en ítem “menos cansancio”
- 76ª. Diagrama de barras- Cambios en el ítem “caminas más derecho”
- 77ª. Diagrama de barras- Cambios el ítem “camina más”
- 78ª. Diagrama de barras- Valoración satisfacción de las familias
- 79ª. Distribución de resultados del Gait Deviation Index al año de la cirugía
- 80ª. Distribución de resultados del Gait Deviation Index a los dos años de la cirugía
- 81ª. Distribución de resultados del Gait Deviation Index al final del seguimiento
- 82ª. Distribución de resultados del Gait Profile Score al año de la cirugía
- 80ª. Distribución de resultados del Gait Profile Score a los dos años de la cirugía
- 83ª. Distribución de resultados del Gait Profile Score al final del seguimiento

INTRODUCCIÓN

La autonomía de los pacientes afectados de manera bilateral por la parálisis cerebral infantil espástica, se ve condicionada por la frecuente evolución hacia el patrón marcha agachada^{1 2 3}. Este tipo de deambulación, se define por la flexión permanente de rodilla cuando la extremidad inferior está en contacto con el suelo y se acompaña habitualmente de dorsiflexión de tobillo y flexión de cadera⁴. La deformidad, en un principio flexible, se convierte en rígida a medida que el paciente se acerca a la adolescencia⁵.

Los modelos de simulación virtual realizados en este tipo de patología han conseguido demostrar la influencia de la contractura de los flexores de cadera en la etiopatogenia del flexo de rodilla^{6 7}. Existen referencias del beneficio que supone la tenotomía del psoas en su corrección, pero no de los efectos similares que produce el alargamiento del recto anterior a nivel proximal⁸.

En el contexto de la cirugía multinivel, los pilares del tratamiento de la cohorte de pacientes presentada fueron la cirugía previa del flexo de cadera para disminuir el de rodilla y la corrección la deformidad restante con la osteotomía extensora del fémur distal. De esta manera, se contribuye a normalizar los momentos de fuerza extensores existentes en el periodo de apoyo en dicha articulación⁹.

El aumento de la inclinación anterior de la pelvis tras la corrección de la marcha agachada es una constante en los estudios publicados, por lo que nuevas estrategias de tratamiento merecen ser evaluadas^{10 11 12}.

Estudiar la eficacia y seguridad de la estrategia propuesta, comparando sus resultados con otras series similares, justifican la realización del trabajo presentado. Tras un seguimiento medio de 33 meses se realizó una evaluación científico-técnica de los resultados, un análisis funcional y se valoró el grado de satisfacción de los padres tras la cirugía, siguiendo el paradigma de la medición de resultados descrito por Golberg¹³. Los estudios cinemáticos y cinéticos del ciclo de marcha han permitido mejorar la toma de decisiones y extraer desde la cuantificación de los resultados evaluación más precisa de los resultados^{14 15}. La reciente aparición de los índices de evaluación global de la marcha, Gait Deviation Index y Gait Profile Score, permiten expresar numéricamente la calidad de la misma e incluso predecir los cambios post-tratamiento^{16 17 18}.

El estudio del comportamiento de ambos, aplicados a una misma cohorte de pacientes, permitiría ahondar en las similitudes o diferencias, como índices de evaluación y predicción de resultados.

OBJETIVOS

- 1- *Mostrar la disminución del flexo fijo de rodilla tras la tenotomía intrapélvica del psoas y la posterior aponeurotomía proximal del recto anterior en pacientes con déficit de extensión de cadera afectados por parálisis cerebral infantil.*
- 2- *Mostrar en el contexto de la cirugía multinivel, la eficacia y seguridad de la osteotomía extensora femoral distal tras la reducción del flexo de cadera, en la corrección de la marcha agachada con flexo rígido de rodilla en la cohorte de pacientes escogida.*
- 3- *Estudiar las diferencias para predecir los resultados de la cirugía a partir del año de tratamiento, entre los dos índices de valoración global de la marcha más comunes, el Gait Deviation Index y el Gait Profile Score,.*

HIPÓTESIS

1ª La aponeurotomía del recto anterior a nivel proximal, después de la tenotomía del psoas a nivel de la pelvis, disminuye el flexo estructurado de rodilla.

Como hipótesis nula se establece que el gesto quirúrgico descrito no consigue cambios en el flexo de rodilla.

2ª Los pacientes tratados con la cirugía propuesta, consigue mayor funcionalidad en la deambulación, mejora la cinemática y cinética de los segmentos anatómicos analizados y, finalmente una valoración satisfactoria de las familias.

Como hipótesis nula se establece que el tratamiento no produce ni mejorías cinemáticas, ni cinéticas, ni funcionales, por lo que las familias de los pacientes no valoran de manera satisfactoria el tratamiento escogido.

3ª Existen diferencias en la capacidad de predecir la magnitud de los cambios post-cirugía entre los dos índices de valoración global de la marcha, GDI y GPS, al año, a los dos años y a los tres años del tratamiento.

Como hipótesis nula se establece que los dos índices no tienen diferencias en la capacidad de predecir la magnitud de los cambios tras el tratamiento.

PACIENTES Y MÉTODOS

- Hipótesis primera

Se diseñó un estudio prospectivo sobre el efecto que la tenotomía intrapélvica del psoas, primero, y la aponeurotomía proximal del recto anterior después, tienen en el flexo de rodilla.

Como criterio de inclusión se eligió la presencia de un flexo de rodilla y cadera ipsilateral en pacientes con parálisis cerebral infantil espástica.

Se seleccionaron 10 pacientes afectados de parálisis cerebral infantil que padecían dicha deformidad en 16 rodillas por encima de 10º. La deformidad media fue de 22º (rango 49-7).

Por niveles funcionales la distribución fue de 6 pacientes con nivel GMFCS III, 2 con nivel funcional de GMFCS IV, y otros 2 con un nivel II. La edad media fue de 13 años (rango 10-18) y todos excepto uno fueron varones. El test estadístico realizado mediante un ANOVA se procesó con el programa SPSS, a partir de los datos obtenidos después de cada gesto quirúrgico por separado.

- Hipótesis segunda

De manera prospectiva se analizaron los resultados del tratamiento escogido para la corrección de la marcha agachada rígida en pacientes con flexos no reductibles de rodilla.

La eliminación de los flexos de cadera y posteriormente la resolución del flexo de rodilla con la osteotomía extensora bilateral distal de fémur, se acompañó del resto de los criterios aplicados en la cirugía multinivel en parálisis cerebral infantil.

Los pacientes deambulantes afectados por la parálisis cerebral infantil con presencia de flexos de rodilla rígidos fueron diez. Ello permitió realizar la osteotomía extensora de fémur distal en veinte rodillas.

La media del flexo fijo de rodilla fue de 22,5º (rango 10-45) y el seguimiento medio fue de 33 meses (rango 24-38).

El nivel funcional de deambulación GMFCS III fue el más frecuente con siete pacientes. Los tres restantes presentaron un nivel funcional GMFCS II.

La evaluación técnica de los resultados se realizó en el Laboratorio de Análisis del Movimiento del Hospital Infantil Universitario Niño Jesús de Madrid.

La sistemática del estudio prospectivo requirió la recogida del aumento de estatura al año de la cirugía, la corrección del flexo al final del seguimiento y en esos dos periodos, los cambios existentes en parámetros cinemáticos y cinéticos con significación clínica. Los valores temporo-espaciales y los índices de evaluación global de la marcha, Gait Deviation Index y Gait Profile Score, además de medir los resultados en los momentos mencionados, monitorizaron el curso clínico a los 24 meses.

Como métodos de valoración funcional se escogieron las escalas FMS (Functional Mobility Scale) y los niveles FAQ (Functional Ambulatory Questionnaire). Dentro de esta última escala, el nivel medio previo sobre 10 de 4,5 (rango 3-6), confirmó el deterioro de la autonomía en la deambulación de los pacientes seleccionados.

El grado de satisfacción se evaluó con un cuestionario realizado de manera telefónica al final del seguimiento.

El estudio estadístico para detectar diferencias significativas ($p < 0,05$) se realizó con el programa SPSS.

- Hipótesis tercera

Se comprobó la correlación entre la magnitud de los cambios encontrados y los valores previos a la cirugía mediante un análisis multivarianza con el test de Pearson. Como factores predictivos de los resultados se evaluaron las diferencias de comportamiento de ambos índices al año, a los dos años y al final del seguimiento.

El estudio estadístico para detectar diferencias significativas se realizó con el programa SPSS.

RESULTADOS

- Sobre la hipótesis primera

El estudio demostró de manera estadísticamente significativa ($p < 0,001$), que la tenotomía del psoas a nivel de la pelvis primero y la aponeurotomía proximal del recto anterior, mejoraban por separado el flexo rígido de rodilla. En su conjunto el valor medio de corrección conseguida fue de 12°. La media en el incremento de la extensión en esa articulación fue de 7°, tras la cirugía realizada en el psoas y de 5° tras la cirugía del recto anterior.

- Sobre la hipótesis segunda

1º El flexo de rodilla disminuyó 20,75° al final del seguimiento ($p < 0,001$).

2º La estatura media se incrementó 15,9 cm al año de la cirugía ($p < 0,001$).

3º Parámetros temporo-espaciales como la velocidad, la longitud de zancada en cada lado y la cadencia o número de pasos por minuto, no registraron cambios significativos.

4º Dentro de los valores cinemáticos críticos escogidos se observó que:

4.1. La extensión de rodilla durante la fase de apoyo mejora de manera significativa ($p < 0,001$) con un incremento medio de 23,88°.

4.2. El rango dinámico de movimiento de flexo-extensión de rodilla durante el ciclo de marcha mejora estadísticamente de manera significativa ($p < 0,005$) pasando de 18,52° a 29,23°, al final del seguimiento.

4.3. La extensión de cadera en la fase de apoyo mostró una clara tendencia a la mejoría al año con 9º de media de mejora, que disminuyó al final del seguimiento a 5º. Ambos valores no llegaron a alcanzar la significación estadística.

4.4. La inclinación anterior media de la pelvis permaneció sin cambios al año y solo aumentó 2,4º a los 33 meses de seguimiento medio final. Esta diferencia no fue estadísticamente significativa.

4.5. El GDI alcanza una mejoría significativa de 10,71 puntos al año y se mantiene hasta el último seguimiento. El número alcanzado supera dos veces el valor mínimo ligado a los cambios clínicamente significativos, cifrado en 5 puntos.

4.6. El GPS mejora al disminuir su valor medio 3,5º. Ello supone un incremento de 2,4 veces el valor reconocido como valor mínimo clínicamente significativo.

4.7. Dentro de los valores cinéticos. Condicionados por el escaso número de pacientes capaces de caminar sin ayuda, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo se observó una fuerte tendencia a la normalización de los momentos de fuerzas existentes, analizando el sumatorio de sus valores en función de los momentos en los que se presentan.

4.7.1. Disminución del sumatorio de momentos de fuerzas extensores de la rodilla.

4.7.2. Aumento del sumatorio de momentos de fuerzas extensores de cadera.

4.7.3. Aumento del sumatorio de momentos de fuerza flexores de cadera presente en la segunda mitad del periodo de apoyo.

4.7.3. Ausencia de cambios en el valor máximo flexor plantar del tobillo al final del apoyo.

4.8. Dentro de los cambios funcionales en la deambulación

4.8.1. Las puntuaciones en la distancia de 5 y 50 metros de la clasificación F.M.S. cambiaron de manera estadísticamente significativa hacia una mayor autonomía. En la primera distancia la transición partiendo de una media de 2,7 se alcanzó otra de 3 ($p=0,011$), y en la segunda de 2,1 se pasó a 2,9 ($p=0,039$).

4.8.2. El cambio en el nivel de deambulación del cuestionario F.A.Q. pasó de un valor medio de 4,5 a otro de 6,5. Este cambio alcanzó una clara significación estadística ($p>0.001$).

4.8.3. Dentro de los ítems funcionales del cuestionario del centro, el más puntuado fue el de menos caídas, relacionado con la mayor estabilidad del paciente tras la cirugía.

4.9. Grado de satisfacción de las familias.

De las 10 de las familias, 6 consideraron que la mejoría era importante refiriendo estar muy satisfechas y 4 que la mejoría era claramente apreciable, mostrándose por ello bastantes satisfechas con el resultado obtenido.

- Sobre la hipótesis tercera.

1º Tanto el GDI como el GPS mostraron como las mejorías más grandes se encontraron en los pacientes con peores valoraciones previas. Este hecho confirma en la predicción de resultados, la relación inversa entre la situación pre-operatoria y la posterior.

2º El GPS siguiendo los valores mostrados en el test de Pearson, mostró mayor capacidad de predecir los resultados que el GDI al año, igualándose tanto a los 24 meses, como cerca de los 3 años.

CONCLUSIONES

1º La corrección del flexo de cadera mediante la tenotomía del tendón del psoas a nivel de la pelvis primero y después la aponeurotomía proximal del recto anterior, es eficaz en la reducción del flexo fijo de rodilla en pacientes con parálisis cerebral infantil.

2º La estrategia propuesta de cirugía multinivel en la que la presencia de la osteotomía extensora femoral distal es constante, consigue mejoras cinemáticas significativas en la rodilla sin empeorar la inclinación anterior de la pelvis.

3º El índice GPS muestra una mayor capacidad de predicción del resultado al año de la cirugía que el índice GDI, igualándose ambos posteriormente.

INTRODUCTION

The frequent course to crouch gait of the bilateral cerebral palsy deambulant patients, determines their autonomy^{1 2 3}. This gait pattern is defined by the permanent knee flexion during the stance phase of the lower extremity, and usually goes with ipsilateral ankle dorsiflexion and hip flexion⁴. During patient growth, the initial flexible deformity progresses to a rigid one, needing surgery for their correction⁵.

Simulation virtual models done with this type of patients, have showed the influence of the hip flexor contractures in knee flexion generation during gait^{6 7}.

Bibliographic references have been published about the advantages of the psoas over the brim tenotomy for knee extension, but none about the role of the proximal rectus anterior intramuscular lengthening after aponeurotomy⁸. Besides the distal femoral extension osteotomy, diminishes the knee flexor force moment and improves the hip extensor one⁹.

In a single event multilevel surgery context, the pillars of treatment used in our cohort of patients, were as followed; the previous hip flexor contracture surgery for diminishing knee flexion deformity, and the remainder of this deformity were approached by the distal femoral extension osteotomy.

The increase of anterior tilt in the pelvis after the crouch gait correction is constant in published retrospective studies^{10 11 12}. None of them mention the effect that intrapelvic psoas tenotomy plus aponeurectomy intramuscular lengthening rectus anterior with aponeurectomy, have on the knee deformity.

Studying the efficiency of the proposed strategy, comparing it with other similar series, justifying the present work.

Following the Golberg paradigm of outcomes measurement in cerebral palsy treatment, after a period of 33 months the study is evaluated by functional evaluation, degree of satisfaction according to the family, and a scientific and technical analysis¹³. Kinematic and kinetic studies have allowed us to improve the decision making process and to obtain quantitative data of our results. Within the last one, the instrumented gait analysis, has quantified kinematic and kinetic differences commonly used as representative of gait pattern^{14 15}. The recent appearance of global gait evaluation indices, Gait Deviation Index and Gait Profile Score, allow for numerically expressing the gait quality and also, to help predict post-treatment changes^{17 18 19}.

AIM OF THE STUDY

- 1- *To demonstrate the efficiency of the intrapelvic psoas tenotomy followed by the intramuscular aponeurectomy proximal rectus anterior lengthening, in the knee flexion deformity reduction, for cerebral palsy patients.*
- 2- *To demonstrate the efficiency and safety of the distal femoral extension osteotomy with hip flexion deformity reduction, as part of the single multilevel surgery for the severe crouch gait correction.*

- 3- To study the differences of the global gait evaluation indices, Gait Deviation Index and Gait Profile Score, for the treatment results prediction ability.

HYPOTHESIS

1º- Intramuscular rectus anterior aponeurotomy diminishes the knee flexion deformity

As a nule Hypothesis the described surgical technique does not achieved any change in knee flexion deformity.

2º-The proposed surgical single event mulillevel strategy, improves functional deambulation skills, kinematic and kinematic data ,and also has a high satisfaction degree between patient,s families.

As a nule hypothesis we established that the treatment does not produce kinematic, kinetic or functional improvement and due to that, the patient,s families were not satisfied with it.

3º- During the follow-up and at end of it, predication results ability of the both global gait evaluation during indices, GPS and GDI, were different.

As a nule hypothesis no diferences were found between both indexes regarding predicotin results ability, in each of the selected evaluation moments.

Patients and Methods

- First Hypothesis

A prospective study was designed about the effect of the intrapelvic psoas tenotomy and proximal rectus anterior aponeurotomy, secuentially performed, on the knee flexion deformity correction

The inclusion criteria were, rigid knee flexion deformity with ipsilateral hip flexor contracture, demonstrated with a positive Thomas test sign, in patients with bilateral spastic cerebral patients.

10 cerebral patients who rigid knee flexion deformity were selected. 16 knees with an average of 22º (range 49-7º) of flexion were selected to perform this treatment.

Distribution according funcional levels was, 6 patients with GMFCS level III, 2 with GMFCS IV and 2 with level III. The average age was 13 years (range 10-18) and all of them were males. The stadistic study was done with an ANOVA study with the SPSS program, after each of the surgical procedures separately done.

- Second Hypothesis

A prospective analysis of treatment of the severe crouch gait, with flexed knee rigid deformity treatment, was done. Solving the hip flexor contracture first, and latter, the knee flexed deformity with the distal femoral extensión osteotomy, were therapeutic measures as part of the single event multilevel surgery. Following the inclusion criteria 10 subjects were studied.

The average knee flexion deformity was 22,5º (range 10-45) and the average follow-up was 33 months (range 24-38).

According the GMFCS levels, level III was the most common with 7 patients, and three were GMFCS level II.

The technical evaluation of the results was done at the Motion Laboratory Center of the Hospital Infantil Universitario Niño Jesús de Madrid.

The prospective study outcome methodology required:

- *Patient's height one year after the surgery.*
- *Knee flexion deformity at the end of follow-up.*
- *Kinematic and kinetic changes with clinical relevance.*

As part of the continuing evaluation process, spatio-temporal parameters, and the global gait evaluation indices, Gait Deviation Index and Gait Profile Score, were automatically given by the Software of the Motion Laboratory, and registered at 12 months, 24 months and at the end of the follow-up.

FMS (Functional Mobility Scale) and FAQ (Functional Ambulatory Questionnaire), were chosen as tools of functional deambulation evaluation.

The families satisfaction degree was studied, following the Motion Laboratory Questionnaire answered at the end of the treatment, by phone.

Looking for significative differences, the statistical study was made with the SPSS program.

- *Third Hypothesis*

After studying how the preoperative global gait evaluation indexes were related with post-operative changes, we performed a study trying to see, which of both was more reliable about predicting the amount of changes expected, during the follow-up and at the end of it.

A correlation Pearson study was made among them.

Results

- *About the First Hypothesis*

Intrapelvic psoas tenotomy first and intramuscular rectus anterior aponeurotomy latter, reduced the knee flexion deformity in a statistically significant way ($p < 0,001$). The average extension improvement was 7° after the psoas surgery, and 5° after the rectus anterior surgery, giving an average correction value of 12° in total.

- *About the Second Hypothesis*

The flexion knee deformity was corrected 20,75° at the end of the follow-up.

The patients increased their height an average of 15,9 cm one year after the surgery.

Spatio-temporal parameters, velocity, stride length on each side, the cadence measured by number of steps in each minute, did not showed any change.

Regarding the kinematic chosen values.

4.1. The maximum knee extension during the stance phase improved and average of 23,88°.

4.2 The dynamic range of motion of flexion during the gait cycle improved from 18,52° to 29,23° at the end of the follow-up. This was statistically significant ($p < 0,005$),

4.3. During the stance period the maximum hip extension improves clearly with an average of 9°, that diminishes to 5° at the end of the follow-up. Both values did not reach the significance according the statistics.

4.4. The average anterior tilt during the gait cycle was nearly the same, one year after the surgery and only increased 2,4° at the end of the follow-up. No statistically significant differences were found.

4.5. The GDI reached a significant improvement one year after the surgery and that was kept until the last follow-up. The GDI average score improvement of 10,71 points. This value is about twice the minimum clinical significant value, considered in 5 points.

4.6. The average GPS improves, due that it diminishes 3,5°. That means a reduction of 2,4 times the minimum clinical significant value.

4.7. Among the kinetic values, partially due to the reduced number of patients able to walk without assistance, we did not find statistically significant differences. However we observed a strong trend to achieve a more normal moment of forces in the hip, and also the knee, studying the summatory of moments of forces values related with the percentage of gait cycle.

- Extensor knee moment reduction during stance period.
- Increased Hip extensor moment of force during the initial two-thirds of the stance period.
- Increased flexor hip moment of force during the second half of the stance phase.
- Absence of changes on the maximum value of the plantar flexor moment, at the end of the stance phase.

4.8. Regarding functional deambulation changes

4.8.1.The FMS scores for 5 and 50 meters changed significantly towards a greater autonomy. From an initial average value of 2,7, to 3 and from 2,1 to 2,9, respectively.

4.8.2.The functional level according the FAQ questionnaire moved from an initial average level of 4.5 to another of 6,5. This functional change was statistically significant ($p>0.001$).

4.8.3. Among the functional items registered in our own questionnaire, the reduction of the falling episodes had the highest score. That was related with a better stability.

4.9. Family satisfaction evaluation.

6 out of ten families considered that the patient had a high improvement and they referred to be very satisfied. 4 families considered that the improvement was clear, and they referred to be satisfied enough with the treatment results.

- About the Third Hypothesis.

1º The GDI together the GPS showed better improvements in the worst previous values of them, confirming the role of them, in the results prediction ability.

2º One year after the surgery, the GPS showed a better result prediction ability, but two years and also near three years after the surgery, both indices had the same properties.

Conclusions

1º The hip flexor contracture correction, with the intrapelvic psoas tenotomy and after it a proximal rectus anterior aponeurotomy, is efficient in the knee flexion deformity reduction in patients with cerebral palsy.

2º The single event multilevel surgery proposed strategy in which bilateral distal femoral osteotomy was a constant, achieves significant kinematics improvements on the knee, without anterior pelvic tilt, allowing better autonomy during deambulation.

3º The GPS index shows a better results prediction ability one year after the surgery, than the GDI, but both of them share the same behaviour latter.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL: DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y ENFOQUE TERAPÉUTICO.

La parálisis cerebral infantil engloba un grupo de trastornos del movimiento y la postura, atribuibles a lesiones no progresivas que ocurrieron en el cerebro durante el desarrollo fetal o la infancia^{19 20 21}. La edad límite superior para que este diagnóstico sea aceptado oscila entre el primer y el quinto año de vida, momento a partir del cual, se establece el diagnóstico de daño cerebral adquirido²².

La incidencia anual de la parálisis cerebral infantil, varía entre 2 y 4 casos por cada 1.000 nacidos vivos en los países desarrollados, lo que hace de ella la patología neuromuscular más frecuente en la edad pediátrica²³. Esta cifra no disminuye debido a las tasas de supervivencia conseguida en pacientes con gran prematuridad o bajo peso al nacer, tratados en las unidades de cuidados intensivos neonatales. En esta categoría de pacientes, la incidencia de la parálisis cerebral se acerca a los 50 casos por cada 1.000 nacidos vivos²⁴.

Las manifestaciones clínicas en el aparato locomotor, tienden a agravarse en los periodos en los que existe un crecimiento de talla mayor²⁵. Las alteraciones cognitivas (40%), epilepsia (35%), alteraciones visuales (20%) o hipoacusia (12%) entre otras, condicionan la estrategia terapéutica²³.

Clasificar los pacientes según el tipo de trastorno motor, la distribución de la afectación en las extremidades y el nivel de autonomía en la deambulación, ayuda a establecer metas funcionales²⁶.

La forma espástica se presenta en un 70-80% de los casos y se caracteriza por un aumento de la respuesta de contracción del músculo ante el estiramiento que se ejerce sobre él, siendo ésta dependiente de la velocidad a la que se realiza²³. En esta forma de alteración del movimiento, se presentan también la hiperreflexia y el aumento de tono muscular, manifestaciones ambas del deterioro de la modulación que desde la corteza cerebral, se ejerce sobre la médula espinal.

Las formas discinéticas o atáxicas, presentes en cerca del 15% de los pacientes, afectan con más frecuencia a la totalidad del cuerpo y se caracterizan por movimientos involuntarios y recurrentes, debido a una lesión del sistema extrapiramidal. La variante distónica, manifiesta hipocinesia e hipertonía, con exceso de tono muscular. Los cambios en este último, se producen de manera brusca en la musculatura extensora de tronco y se agravan con estímulos emocionales o cambios de postura.

La variante coreo-atetósica se caracteriza por la hipercinesia e hipotonía²².

En un 5-10% de los casos se presenta la forma atáxica, en la que la hipotonía y la falta de estabilidad para mantener la postura, se deben a la falta de coordinación muscular asociada a lesiones cerebelosas.

Con frecuencia los trastornos motores pueden mezclarse y dar lugar a formas mixtas con predominio de una sobre otras²⁷.

En la clasificación topográfica, la localización y número de extremidades afectadas, define los distintos tipos existentes, siendo la forma clínica más frecuente la diplejía²⁸. En ella se presenta una alteración mayor en las dos extremidades inferiores, con respecto a las dos superiores. Se asocia con espasticidad y con imágenes de

leucomalacia periventricular en la resonancia magnética, siendo frecuente en pacientes con antecedentes de prematuridad y bajo peso al nacer ²¹.

Las otras manifestaciones más frecuentes son la hemiplejía, con limitación del hemicuerpo contralateral a la lesión cerebral y la tetraplejía. En esta última existe afectación de las cuatro extremidades con un trastorno mixto espástico y distónico, ya que la lesión además de encontrarse en la corteza cerebral, puede ubicarse en los núcleos extrapiramidales ²⁷. Tanto la monoplejía como la triplejía, lesión en una sola extremidad o en tres, respectivamente, presentan una incidencia menor.

El comité para la vigilancia de la parálisis cerebral en Europa, “Surveillance of Cerebral Palsy in Europe”, recomendó que el paciente se clasificase según la afectación del control motor predominante, comúnmente espástico o distónico, y en bilaterales o unilaterales ²⁶. Este grupo de expertos, aconsejó añadir a la clasificación, la notificación de afectación del tronco, de los pares craneales o la de la alteración del lenguaje.

Estratificar los casos clínicos, mediante una clasificación guiada según sus habilidades funcionales en la deambulación, permite establecer planes realistas de tratamiento y ayuda a pronosticar su evolución durante el crecimiento. Los 5 niveles de la Gross Motor Function Classification System (GMFCS) descrita por Palisano y empleada en pacientes de 6 a 12 años, diferencia a los pacientes que deambulan, ya sea sin ayudas o con ellas, de los que no lo hacen ²⁹. Los niveles I y II no necesitan dispositivos de asistencia para andar, los del nivel III sí los requieren, mientras que los de nivel IV suelen ir en silla de ruedas, pero pueden caminar asistidos distancia cortas y los de nivel V están de manera casi permanente en silla de ruedas. Según las serie publicadas, existe una mayor población de pacientes con nivel GMFCS I, con incidencias de 32 y el 51% del total para los pacientes GMFCS. El nivel II tiene un porcentaje de presencia, entre el 17 y el 21%, el III entre el 9 y el 12%. Por último, los niveles IV y V, presentan respectivamente tasas de incidencia entre 10 y 15%, y entre un 12-19% ²².

Los tratamientos deben enfocarse a aminorar las consecuencias que la alteración motora tiene en el sistema músculo-esquelético ^{25 30}. La reducción focal o global de la espasticidad, se complementa con el manejo conservador o quirúrgico, de los problemas ortopédicos que condicionen la autonomía del paciente. Para ganar equilibrio en la bipedestación y no perder movilidad articular, la fisioterapia combinada con el uso a tiempo parcial de ortesis, se aplica desde el inicio y se mantiene durante el crecimiento ²⁵. La infiltración con toxina botulínica en los músculos predominantes, se suma posteriormente al manejo fisioterápico que permita fortalecer los antagonistas habitualmente débiles y potenciar los músculos anti-gravitatorios ³¹. Cuando la deformidad articular deja de ser flexible, la adición del yesos seriados a la toxina botulínica, consigue retrasar las cirugías ortopédicas y disminuir la complejidad de las mismas ²⁹.

A los 7 años de edad, cuando ha madurado el patrón de marcha en los pacientes deambulantes, se plantea la necesidad de la intervención en quirófano para subsanar las alteraciones músculo-esqueléticas que ocasionan alteración funcional ³².

2.2. PATOGENIA DE LAS ALTERACIONES MÚSCULO-ESQUELÉTICAS EN LA PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL.

La lesión localizada en la corteza cerebral produce en el aparato locomotor dos tipos de problemas: los primeros se derivan de la supresión de la regulación que ejerce la motoneurona superior en la médula espinal y los segundos vienen dados por la ausencia de la función de esta motoneurona ²⁵.

El exceso de contracción muscular, la espasticidad, las cocontracciones entre antagonistas y la hipertonía, reducen el rango de movimiento. Todas estas alteraciones se deben a la pérdida del control que la primera neurona ejerce sobre la segunda, que es la que proveniente de la médula espinal, inerva el músculo.

El déficit de fuerza, equilibrio y las alteraciones sensoriales se relacionan con la pérdida de la función o acción de la porción del sistema nervioso central localizado en el cerebro. La farmacología, capaz controlar la espasticidad

a nivel focal con la toxina botulínica o de manera global con el Lioresal, no ofrece soluciones ante la pérdida de fuerza o equilibrio, advirtiendonos de la dificultad en su corrección ²⁵.

El desequilibrio muscular que se produce en torno a la articulación ocasiona una deformidad que al principio es flexible, pero que con el crecimiento se convierte en rígida ³³. A medida que se acerca la pubertad, la incapacidad para simultanear el incremento de la longitud del hueso con el aumento de la longitud en la unidad músculo-tendón, determina el acortamiento de ésta última ³⁴. Existe debate sobre si este hecho se debe a una menor adición de sarcómeras en la unión miotendinosa o a la existencia de un descenso en el número de fibras musculares que, dispuestas en paralelo de manera inclinada, consiguen la longitud adecuada del vientre muscular ^{35 36 37}. Los trabajos basados en modelos animales que relacionaban el acortamiento músculo-tendinoso con la menor adición de sarcómeras desde la unión mio-tendinosa, han sido rebatidos por Lieber ^{37 38 40}. Para éste último autor las sarcómeras, que alineadas una delante de otra forman las fibras musculares, están disminuidas en número y trabajan de manera sub-óptima al encontrarse alargadas ³⁹.

La interacción entre las contracturas articulares, la debilidad muscular, las deformidades óseas y la inestabilidad articular, afectan la eficacia de la deambulación del paciente ⁴¹. La biomecánica alterada durante el apoyo y la acción mantenida de los músculos predominantes, modelan el crecimiento del hueso. El fémur y la tibia se desvían de sus ejes anatómicos normales siguiendo las leyes de Wolf y Hueter-Volkman al ganar longitud ⁴². En consecuencia, la función de palanca que el esqueleto ofrece al músculo para generar movimiento en las articulaciones se deteriora ⁴³.

En un último estadio, existe el riesgo de perder la relación que existe en las superficies articulares, apareciendo subluxaciones y dolor ²⁵.

Como esquema etiopatogénico, son tres los tipos de problemas relacionados con el funcionamiento del aparato locomotor. Reciben el nombre de problemas primarios aquellos directamente relacionados con el daño del sistema nervioso central, tales como el exceso de tono, el control motor deficitario, la presencia de reacciones reflejas anómalas, la alteración del equilibrio y la debilidad muscular ⁴⁴. Estos serán la causa del acortamiento músculo tendinoso y de las deformidades articulares, que se originan durante el crecimiento y que se consideran problemas secundarios ³³. Su corrección son los objetivos del tratamiento ortopédico.

Para compensar los déficits originados en la función articular, se producen movimientos de compensación diferentes a la normalidad que se consideran problemas terciarios. Atendiendo a este esquema, solo sería necesario el tratamiento de los problemas primarios, ya que las otras dos categorías desaparecerían por si solas. En caso de haberse estructurado los problemas secundarios o del manejo ineficaz de los primarios, su manejo terapéutico es necesario.

2.3. LA MARCHA NORMAL

2.3.1. Conceptos biomecánicos iniciales

2.3.1.1. Aplicación del concepto de fuerza en la deambulación

La fuerza tiene las características de un vector, lo que significa que tiene una magnitud y una dirección ^{45 46}. Las tres leyes de Newton se aplican a este concepto vectorial de la fuerza:

1ª Ley. Un cuerpo permanecerá en estado de reposo a menos que se le mueva o si está moviéndose, no se detendrá a menos que se le pare.

2ª Ley. Una fuerza externa a un cuerpo causará en él una aceleración en la dirección de la fuerza aplicada.

3ª Ley. Ante cualquier acción se genera una reacción en sentido contrario, que es de igual magnitud que la acción que la causa.

Siguiendo esta última ley, el peso del cuerpo genera desde el suelo un vector de reacción en sentido ascendente cuya colocación en torno a las articulaciones, demandará desde el lado opuesto una respuesta interna de reacción realizada por el segmento musculotendinoso o el capsulo-ligamentoso⁴⁷.

2.3.1.2. Aplicación de los momentos de fuerza articulares

El término momento de fuerza se define por la magnitud de la fuerza multiplicada por la distancia a la que ésta actúa⁴⁶. Expresada la fuerza como vector de reacción, cuanto más alejado de la articulación se encuentre este vector, mayor será el momento de fuerza externo que se ejerce sobre ella. En respuesta a él y como aplicación de la tercera ley de Newton, se generan momentos de fuerza internos de igual intensidad que lo contrarrestan. Tanto el avance del cuerpo, como el control de la posición de las articulaciones durante el periodo de apoyo, se deben a la relación de equilibrio entre ambos momentos.

Aplicado este concepto a lo que ocurre en la anatomía durante la deambulación, se necesita que la fuerza que el músculo genera con su contracción, cuente en el segmento osteoarticular con una palanca estable que funcione, desde donde se ejerce la fuerza hasta el fulcro o punto de apoyo, con una distancia adecuada⁴⁸.

Ambos factores, fuerza y palanca sobre la que actúa, permitirán tener momentos de fuerza eficaces tanto para sujetar la postura erguida durante el periodo de apoyo en la marcha, como para conseguir la propulsión al final del mismo.

2.3.1.2.1. Los acoplamientos entre momentos de fuerza articulares.

Cuando dos fuerzas iguales presentes en articulaciones diferentes, actúan en direcciones opuestas y se anulan entre sí, sus momentos de fuerza se acoplan⁴⁷. El equilibrio conseguido permite que la actividad muscular y por lo tanto la energía necesaria para mantener una posición articular correcta, sea mínima. Este hecho proporciona un modelo de eficacia buscado durante la deambulación.

Los ejemplos más característicos son:

1- Acoplamiento del momento de fuerza flexión plantar tobillo-extensión rodilla.

El ejemplo más claro es el que forman durante la fase de apoyo unipodal la flexión plantar de tobillo y la extensión de rodilla⁴⁸. La actividad del cuádriceps no es solicitada gracias a la acción de los flexores plantares que trasladan la tibia hacia posterior, colocando el vector de reacción cercano al centro de la rodilla, lo que permite que el gasto energético se minimice.

2- Acoplamiento entre los momentos de fuerza extensión rodilla-de cadera.

La conexión que existe entre la extensión de la rodilla y de la cadera, ha sido expuesta por Hicks en sus modelos de simulación virtual, durante la fase de apoyo unipodal. En su trabajo se expone como con la corrección de la torsión tibial, mejora la extensión en las dos articulaciones⁴⁹.

Durante la deambulación, al final del periodo de apoyo y al despegarse el talón del suelo, el ajuste fino de la ortesis tobillo-pie y el calzado, expuesto por Owen y Meadows, consigue colocar el vector de reacción por delante de la rodilla y por detrás de la cadera⁵⁰. De esta manera mientras la rodilla permanece extendida, se favorece el estiramiento de los flexores de cadera, preludio de su contracción concéntrica al inicio del periodo oscilante.

2.3.1.3. Las potencias articulares

La multiplicación del momento de fuerza por la aceleración angular encontrada durante el movimiento, define la potencia que se presenta en la articulación ⁴⁶. La aceleración angular se determina por la rapidez con la que se producen los cambios en la velocidad de rotación existentes en el movimiento.

Cuando el músculo se contrae acortándose, realiza una contracción de tipo concéntrico que produce movimiento y genera potencia. El ejemplo más característico ocurre con la flexión plantar que produce el gastrocnemio al final del periodo de apoyo. Tras ella el momento de fuerza y la aceleración angular conseguidas, permiten una adecuada propulsión hacia delante ⁴⁷.

La contracción que existe en el músculo mientras se alarga, se denomina excéntrica y permite regular el movimiento. Durante ella el tejido muscular absorbe la potencia necesaria resistiendo la tendencia a la flexión de rodilla ¹⁵.

El fenómeno de absorción de potencia como respuesta interna a los momentos de fuerza externos, no solo existe en el músculo. El ligamento cruzado posterior y la cápsula posterior responden estirándose a la sollicitación externa existente en una rodilla en recurvatum. El manejo del mismo se puede realizar a través de las ortesis tobillo-pie que permitan adelantar a la tibia, despalzándose el vector de reacción a posterior ⁵⁰.

2.3.2. Requerimientos para la realización de la marcha

La marcha es un acto complejo que necesita como requerimientos iniciales de un sistema de control motor, de una fuente de energía, de palancas para producir movimiento y por último, de la fuerza necesaria para usarlas correctamente ⁵¹.

2.3.2.1. El control de la locomoción

El generador de la activación de la señal nerviosa responsable de la contracción muscular, se encuentra a distintos niveles en la médula espinal y en el cerebro ^{52 53}.

Los modelos experimentales han demostrado la existencia de un generador rítmico de estímulos dentro de la médula espinal que recibe la información que ofrece la sensibilidad propioceptiva de las articulaciones y es controlado por neuronas procedentes de la corteza cerebral ^{54 55}.

El control de la locomoción se consigue por la interacción entre el sistema piramidal, los ganglios basales, el cerebelo, el mesencéfalo y los centros espinales ⁵⁵.

La secuencia de activación muscular cuando se da un paso, requiere de una sucesión ordenada de contracción de agonistas y relajación de antagonistas ⁵⁶. Como estrategia de simplificación en el control motor para caminar, se recurre a la formación de cinco grupos de sinergias musculares, caracterizados por la activación en cantidad diferente pero simultánea de varios músculos ⁵⁷. En el recién nacido el reflejo de marcha automática se ha relacionado con la presencia de sólo dos grupos de sinergias.

La alteración del control motor dinámico supone una limitación importante para el resultado del cualquier tratamiento. Conocer y cuantificar la importancia de este obstáculo, tal y como lo describen Ounppu y Schwartz, permite sentar expectativas realistas antes de la cirugía, ya sea ortopédica o de manejo global de la espasticidad ^{58 59}.

2.3.2.2. La fuente de energía

La energía se define por la capacidad de producir la fuerza necesaria para mover un objeto a lo largo de una distancia y puede ser de dos tipos, potencial o cinética. Aplicando este concepto a la deambulación, la primera depende de la elasticidad de las partes blandas para almacenar energía y liberarla posteriormente, mientras que la segunda, se relaciona directamente con el desplazamiento articular^{60 61}. Durante la marcha, la transferencia continua entre ambas permite optimizar su gasto^{62 63}.

Mediante el proceso conocido como glicolisis aeróbica, el músculo estriado tras recibir la aportación de nutrientes y oxígeno, convierte la glucosa en energía. Durante este proceso se requiere oxígeno, por lo que el volumen consumido de éste, medido en unidades de litros/minuto, aporta una idea de la energía que se ha gastado⁶¹.

2.3.2.3. Las palancas

En nuestro organismo disponemos de un sistema de palancas en torno a las articulaciones, que al aplicarse la fuerza de la contracción muscular, genera movimiento³². Los elementos básicos encontrados en este sistema son:

- La palanca en sí, que actúa como elemento rígido.
- El fulcro o punto de apoyo, o lugar donde pivota la palanca.
- La resistencia que ofrece la carga que se tiene que mover.
- La potencia o esfuerzo que realiza el desplazamiento de la carga.

La ventaja mecánica que ofrece una palanca, es la de que se necesite menos esfuerzo para vencer una misma resistencia.

Dentro del aparato locomotor se distinguen tres clases de palancas⁴³:

- La palancas de primera clase se caracterizan por tener el fulcro o punto de apoyo entre la potencia y la resistencia.

Así ocurre en la deambulación con la acción del glúteo medio al sujetar éste el peso del tronco, estando la articulación de la cadera entre ambos, o con la acción del sóleo, que controla la velocidad con la que la tibia progresa hacia delante tomando al tobillo como fulcro.

- Las palancas de segunda clase tienen la resistencia entre la potencia y el punto de apoyo.

Este hecho se presenta con la acción del tríceps sural durante al final del periodo de apoyo. En ella el antepié actúa como fulcro y gracias a contracción de los gastrocnemios actuando a través del tobillo se avanza hacia delante.

Este tipo de palancas permiten mover objetos pesados lentamente.

- En las palancas de tercera clase el punto de apoyo se sitúa en un extremo, pero la potencia en esta ocasión, se sitúa justo a su lado y la carga se encuentra alejada. La acción del bíceps braquial, al levantar un objeto flexionando el codo constituye un ejemplo. La resistencia cuenta con una mayor longitud del brazo de palanca que la potencia por lo que se precisa un esfuerzo mecánico superior, que característicamente, se realiza de manera rápida.

2.3.2.4. Las fuerzas

La fuerza se produce por la contracción muscular, que se manifiesta de tres maneras:

-La concéntrica, en la que el músculo se acorta y produce un trabajo que genera potencia. Es la propia de todos los grupos musculares aceleradores o propulsores, como el iliopsoas y los gastrocnemios^{34 64}.

-La excéntrica, en la que el músculo se contrae mientras se alarga absorbiendo potencia, tal y como ocurre en el sóleo durante el apoyo unipodal. También se da en músculos deceleradores, como los isquiosurales al final del periodo oscilante o en los que se encargan de absorber el impacto de la carga, como el cuádriceps al principio del periodo de apoyo. La eficiencia de este tipo de contracción es grande, ya que permite modular el movimiento, almacenando potencia que posteriormente se libera.

-La isométrica, en la que el músculo tiene la misma longitud el músculo durante la contracción. Trabajan así músculos que tienen como función principal mantener la postura como el glúteo medio.

El tipo de contracción y la cantidad de potencia que genera, se ve condicionada por factores anatómicos y tisulares. Las características del trabajo que realiza el músculo se ven explicadas por el ángulo de inclinación de los fascículos musculares, el tamaño de la sección transversal del músculo y por último, por la relación existente en la presencia de fibras musculares de contracción aeróbica o fibras tipo I, versus anaeróbica o fibras tipo II⁶⁰.

2.4. EL ANÁLISIS INSTRUMENTADO DE LA MARCHA

La deambulación consiste en una sucesión repetitiva del ciclo de marcha⁶⁵. Este comprende los eventos que ocurren desde que inicialmente el pie contacta con el suelo, hasta el momento en el que éste se prepara para volverlo a hacer.

El periodo en el que la extremidad inferior se encuentra sobre el suelo, se denomina periodo de apoyo y ocupa el 60% de todo el ciclo. En el 40% restante se desarrolla el periodo oscilante o de balanceo y en él se observa que el pie está en el aire⁶⁶.

Durante el ciclo de marcha la medición cuantitativa y el estudio del movimiento en los tres planos del espacio de los segmentos anatómicos, permite interrelacionar las desviaciones existentes^{65 66}.

Para evitar el artefacto que en la medición de la marcha puede generar la aceleración o el frenado presentes al principio y al final del paseo, el laboratorio de análisis del movimiento requiere una distancia mínima cercana a los 10 metros. En él se realizan las tres evaluaciones que componen el análisis instrumentado: la cinemática, la cinética y por último la detección de actividad muscular mediante la electromiografía dinámica de superficie⁶⁷.

La cinemática explica cómo nos movemos en los planos sagital, frontal y transversal, mientras que la cinética que mide los momentos de fuerza con las potencias articulares y el análisis electromiográfico de superficie que capta la contracción muscular, explican por qué nos movemos⁶⁸.

La correlación entre el análisis instrumentado de la deambulación con su funcionalidad, fue demostrada por Tervo⁶⁹.

La exploración física complementa la información de estos tres estudios⁷⁰. El uso conjunto de la exploración física y el análisis del movimiento, permite elaborar un listado de problemas primarios de la marcha que son los subsidiarios de ser tratados. Los problemas secundarios a estos problemas primarios y sus compensaciones o problemas terciarios, suelen aparecer tanto en otros segmentos anatómicos proximales, como en los planos del espacio no afectados³².

En la bibliografía se recoge la mayor precisión de este tipo de análisis y también su capacidad para reorientar las indicaciones^{64 65}. Escalas de análisis visuales de la marcha como Physician Rating Scale, la de Edimburgo o la del

Rancho de los Amigos, realizan valoraciones semicuantitativas subjetivas en las que las alteraciones del plano transversal son la mayor fuente de error ^{71 72 73 74 75}.

La discusión generada tras el trabajo de Noonan acerca la reproductibilidad de los estudios entre distintos Centros de Análisis del Movimiento y la variabilidad de las interpretaciones ante la información aportada, promovieron tanto la fijación de protocolos de colocación de marcadores, como la estandarización en la calidad de su funcionamiento ^{76 77 78}.



Figura 1. *Paciente dipléjico de la cohorte presentada durante uno de los estudios en el Laboratorio de Análisis del Movimiento.*

La figura muestra la colocación de marcadores reflectantes que permitirán capturar el movimiento, junto con la de los electrodos de superficie que recogen la actividad muscular durante la deambulaci3n.

En la revisi3n sistemática realizada por Wren se aplicaron los criterios que permiten seāalar cualquier prueba diagn3stica como eficaz ⁷⁹. Tomando como referencia la resonancia magnética y siguiendo los criterios de Fryback y Thornbury, los niveles de eficacia en la precisi3n t3cnica y diagn3stica del análisis instrumentado del movimiento fueron altos. Sin embargo con el razonamiento diagn3stico y el de tratamiento no ocurri3 lo mismo ^{80 81}. La falta de estudios comparativos aleatorizados impidi3 encontrar una evidencia mayor en estos dos últimos aspectos.

La capacidad de alterar las decisiones quirúrgicas de tratamiento, varía segú los trabajos revisados entre un 40% a 90% ⁸¹. Las principales divergencias surgían en la elecci3n de la cirugía de partes blandas y no cuando la necesidad de hacer cirugía ósea se ponía en cuesti3n ^{82 83 84}.

En otro trabajo con un nivel III de evidencia, Wren encontr3 ventajas econ3micas al observar una reducci3n de un 40% en la tasa de reintervenciones a los 5 aāos ⁸⁵. Los pacientes a los que tras la informaci3n del análisis del movimiento se les aconsej3 o no la cirugía, tuvieron una mejor evoluci3n que aquellos que no siguieron sus recomendaciones.

Similares conclusiones son encontradas en otras series comparativas de cohortes de pacientes y casos-control, en las que se demostr3 de manera consistente que los resultados en la deambulaci3n funcional eran mejores si se seguían las recomendaciones del informe del análisis del movimiento ^{86 87 88 89}.

Siguiendo los criterios de recomendaci3n de la medicina basada en la evidencia, el análisis instrumentado del movimiento alcanza el nivel I, con un grado de evidencia A, en cuanto a la obtenci3n de datos objetivos y la capacidad para alterar la decisi3n de tratamiento antes de la cirugía ⁷⁹. La mejora de resultados gracias al seguimiento de sus recomendaciones, la disminuci3n de reintervenciones y el ahorro de costes, todavía precisa

de estudios randomizados mejor diseñados, ya que lo conseguido hasta ahora, solo alcanza el grado de evidencia B y niveles de evidencia III ⁹⁰.

Otra de las ventajas que aporta es la de objetivar los cambios en la deambulaci3n de manera global mediante 3ndices. El Gait Deviation Index o GDI, que asigna 100 puntos a la marcha normal y el Gait Profile Score o GPS, que mide en valores por debajo de 7º la deambulaci3n sin patolog3a, describen como de alejada est3 de la normalidad, la marcha del paciente. Ambos 3ndices son sensibles en el registro de variaciones post-tratamiento, correlacion3ndose los nuevos valores con cambios funcionales ^{16 17}.

El an3lisis instrumentado no es solo una herramienta para la cl3nica. Su uso en la ense±anza y la investigaci3n, justifican igualmente la necesidad de su desarrollo.

2.4.1. Par3metros temporo-espaciales

La cuantificaci3n de la longitud del paso y de zancada, la velocidad expresada en metros/segundos y la cadencia reflejada en n3mero de pasos por minuto, permiten describir de manera cuantitativa y objetiva la marcha.

La longitud de zancada mide la distancia recorrida en un ciclo de marcha. Este par3metro se define por la longitud que existe entre el punto donde se hace el contacto inicial en un lado, hasta el punto en el que en ese mismo lado, vuelve ocurrir el siguiente contacto inicial ^{91 92}.

2.4.3. Cinem3tica

La trayectoria que realizan al caminar los marcadores esf3ricos reflectantes, colocados previamente en puntos anatómicos protocolizados, es captada por un m3nimo de 6 c3maras opto-el3ctricas y procesada por el software del ordenador ⁶⁷. El sistema inform3tico permite elaborar el documento en el que el ciclo de marcha aparece recogido en ejes cartesianos para el tobillo, rodilla, cadera y pelvis en cada uno de los tres planos del espacio. En el eje de las abscisas se registra el porcentaje del ciclo de marcha transcurrido y en el de las ordenadas, los 3ngulos de movimiento que el segmento anatómico realiza en ese plano. A cada lado del paciente suele asignarse un color. En los informes obtenidos en nuestro Laboratorio de An3lisis del Movimiento, el lado derecho se representa en verde y el izquierdo en rojo, mientras que el trazado que refleja la normalidad se recoge en gris. Éste 3ltimo viene reflejado con una franja que engloba las posibles variaciones, que con una desviaci3n est3ndar existen dentro de la poblaci3n normal. La separaci3n entre el periodo de apoyo y aquel en el que la extremidad oscila en el aire desde atr3s hacia delante para avanzar, se marca con una l3nea vertical que aparece en torno al 60% del eje de las abscisas.

La alteraci3n de las gr3ficas por defecto de movimiento en un plano puede deberse a debilidad, dolor, deformidad articular o a distintas formas de rigidez, incluidas formas severas de espasticidad ^{93 94}.

Los trazados con un exceso del rango de movilidad aparecen en formas iniciales de espasticidad, en las que hay un exceso de respuesta al estiramiento. Tambi3n pueden estar relacionados con estrategias de compensaci3n realizadas desde segmentos proximales a donde ocurre el d3ficit o desde un lado sano contralateral.

La correlaci3n con la exploraci3n f3sica que de manera habitual aporta significaci3n cl3nica, ha sido detallada por Sangeux ⁹³. La misma autora ofrece en su trabajo, un listado de causas anatómicas alternativas que justifican el trazado de la gr3fica y pueden llevar a un error en la interpretaci3n.

Kinematic Analysis

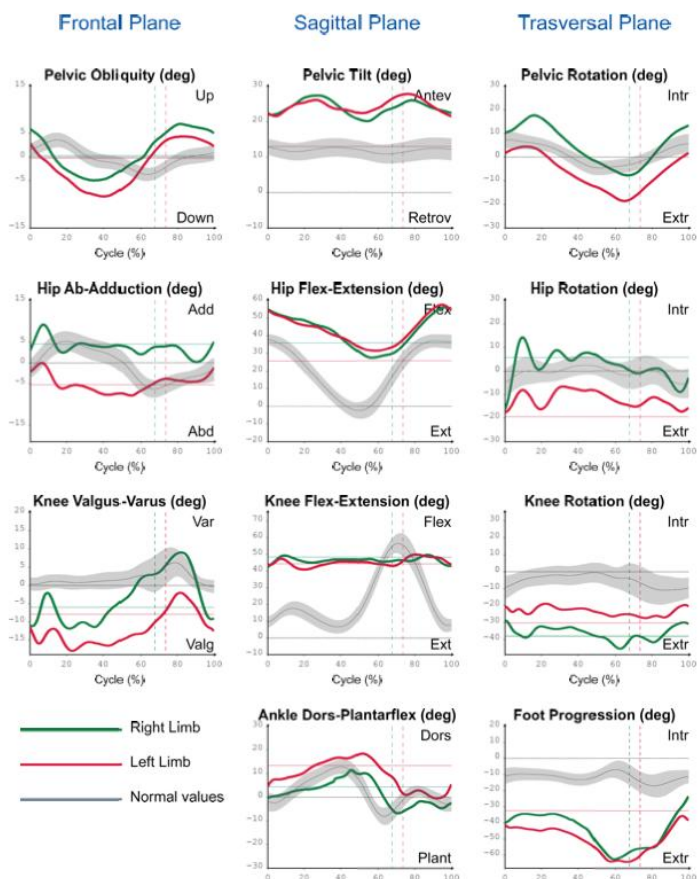


Figura 5. Ejemplo de informe cinemático del ciclo de marcha.

En los planos frontal, sagital y transversal aparece el ciclo de marcha de la pelvis, cadera, rodilla y tobillo. Los trazados en verde y rojo, lados derecho e izquierdo respectivamente, muestran como de alejados están de la normalidad, representada en color gris. La distribución de las gráficas concuerdan con un patrón de marcha agachada con flexo fijo de rodilla y alteración del brazo de palanca con torsión tibial externa.

Las gráficas del análisis instrumentado de la marcha ofrecen información teniendo en cuentas referencias como las siguientes:

1-Como, cuanto, cuando y hacia donde se desvían las curvas con respecto al trazado normal. El momento en el que estas desviaciones se presentan, viene especificado por el porcentaje del ciclo de marcha que aparece en el eje de abscisas.

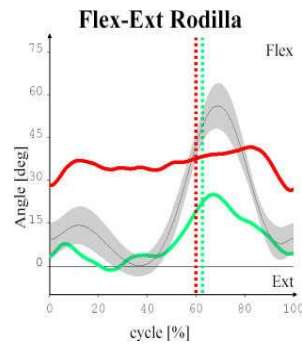


Figura 2. Gráfica del ciclo de marcha en el plano sagital de la rodilla.

El eje de abscisas mide el porcentaje transcurrido desde el contacto inicial de la extremidad con el suelo hasta el nuevo contacto inicial. Las ordenadas recogen los grados de movimiento en el plano sagital. El trazado normal en gris corresponde a los ángulos recogidos en la población normal, incluyendo el valor medio con una desviación estándar en torno a él. El lado izquierdo aparece en color rojo y en verde el derecho. El periodo de apoyo queda a la izquierda de la perpendicular trazada desde el 60% del ciclo de marcha y el oscilante a la derecha.

2-La inclinación de la pendiente de la curva.

La mayor inclinación del trazado se asocia a mayor velocidad en la articulación y puede originarse por una compensación de déficit distales o contralaterales. También se produce tras la respuesta rápida que el estiramiento produce en el músculo espástico.

Las curvas con menor pendiente se relacionan con patología muscular como la debilidad, la hipertonía, o a problemas como la rigidez y el dolor articular⁹³.

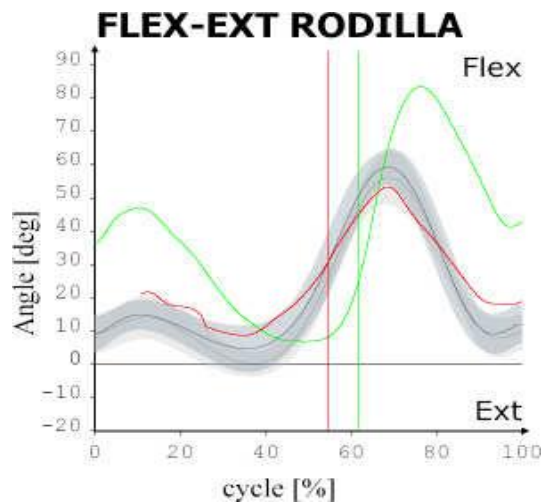


Figura 3. Gráfica compatible con lado derecho sano que compensa déficit en lado izquierdo. La mayor cantidad y rapidez de movimiento se corresponde con la compensación del lado sano.

3- La magnitud y localización de los picos y los valles de la curva.

El rango dinámico de movimiento viene dado por la diferencia que existe entre valores máximos y mínimos. Ambos reciben el nombre de picos y valles de la curva, respectivamente.

En el plano sagital de la rodilla, los patrones de la marcha se pueden distinguir tanto por el valor en grados de los picos y los valles, como por el momento en el que ambos ocurren⁹³. De esta manera cuando en la fase media del apoyo el trazado del lado estudiado se encuentra por debajo de la extensión normal, estaremos ante un recurvatum de rodilla. Si éste se encuentra por encima, se asocia a una marcha en

flexo de rodilla. Durante el periodo oscilante, un pico disminuido o de aparición tardía en la flexión de rodilla, se asocia al patrón de marcha rígida descrito por Sutherland ¹⁴.

En el tobillo una flexión plantar excesiva, una posición en neutro o una dorsiflexión, permitirá definir respectivamente, el patrón de salto, pseudo-salto o de marcha agachada, descritos por Rodda ⁴.

4-La forma de la curva.

Existen trazados de curvas del ciclo de marcha, en los que entre dos picos de valores máximos se encuentra un valle. Se refleja así la contracción brusca que en sentido contrario al estiramiento, tiene el grupo muscular afectado, con su posterior relajación y nueva contracción.

Conocido como patrón de doble joroba, se asocia con la presencia de espasticidad en las gráficas del tobillo por el gastrocnemio durante el periodo de apoyo. También puede aparecer en la rodilla durante el periodo oscilante, debido a la espasticidad del recto anterior y en la pelvis durante todo el ciclo de marcha, debido a la espasticidad del psoas ⁹³.

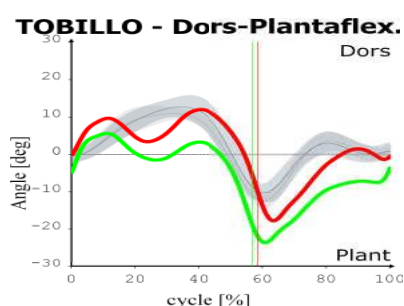


Figura 4. Patrón de doble joroba en el tobillo asociado a espasticidad.

La respuesta en flexión plantar tras la dorsiflexión del tobillo en la segunda mecedora del tobillo-pie provoca un despegue precoz del talón. Favorecidos por el peso del cuerpo, la dorsiflexión aparece de nuevo como preludio de la flexión plantar que propulsa hacia delante al sujeto.

5-Los valores cinemáticos con significación clínica.

Por articulaciones de manera sistemática, se puede analizar ⁹⁵:

-En la rodilla. Los grados de flexión de la articulación en el contacto inicial del pie, la extensión máxima en la fase media de apoyo y por último durante el periodo oscilante, el máximo de flexión. También hay que analizar en qué porcentaje del ciclo de marcha se presentan estos valores.

-En la cadera. La disminución de la extensión máxima en el periodo de apoyo y la flexión aumentada en el periodo oscilante, son los más habituales. El primero puede asociarse a flexos de cadera como problema primario o ser secundario a un equino de tobillo. El segundo suele deberse a compensaciones que permiten obtener una mejor distancia del pie con respecto al suelo.

-En el tobillo. la flexión plantar del tobillo en el contacto inicial, su dorsiflexión máxima, tanto en el periodo de apoyo como en el oscilante y por último el rango de movimiento, son los parámetros cinemáticos más frecuentemente evaluados.

6-La identificación de patrones cinemáticos en el plano sagital ^{4 96}.

La sensibilidad para diferenciar los patrones de marcha descritos en el plano sagital, es mayor con las gráficas cinemáticas. Tal y como señala Rodda, la demostración de un trazado normal en la gráfica del tobillo en una

marcha con flexo de rodilla en la fase de apoyo, excluye la presencia de un patrón de salto en la que si que coincide el flexo de rodilla con el equino de tobillo ⁴.

En función del trazado de las gráficas sagitales del tobillo, de la rodilla y de la cadera, se identifican los patrones de equino, salto, pseudo-salto y marcha agachada. Conociendo estos patrones podemos tener una aproximación terapéutica inicial, que hemos de confrontar con lo observado tanto en los planos transversal y frontal, como con la exploración clínica.

2.4.3. Cinética

Los momentos de fuerza que se generan durante el ciclo de marcha desde tobillo, rodilla y cadera, son calculados durante el apoyo que realiza el sujeto sobre unas plataformas dinamométricas instaladas en el suelo ⁹⁷. Los sensores piezolétricos presentes en ellas captan la fuerza que la inercia del peso ejerce sobre el suelo y mediante cálculos de dinámica inversa, se haya la relación de los momentos de fuerza y potencias que presentan entre sí los grupos musculares antagonistas. En las gráficas el eje de las ordenadas se mide en Newtons por metro el momento de fuerza ajustándose éste al peso del paciente, mientras que en el eje de abscisas se registra el porcentaje del ciclo de marcha transcurrido.

Las potencias articulares, expresadas en vatios también en el eje de ordenadas, son obtenidas al realizar la multiplicación entre el momento de fuerza y la aceleración angular. Con valores positivos se recoge la generación de potencia y con valores negativos la absorción de la misma.

La disminución de potencia puede estar relacionada con un menor momento de fuerza. Éste puede deberse a tanto a la pérdida de longitud del brazo de palanca esquelético, como a los problemas que genera una insuficiente contracción muscular ³⁴.

Su aumento, si es por absorción, se debe a una mayor sollicitación muscular por la colocación del vector de reacción en el lado opuesto a ese músculo ^{15 47}. De esta manera el cuádriceps durante la marcha agachada, vence la tendencia al flexo de rodilla e impide el colapso del paciente. Por el contrario una mayor generación de potencia puede darse en los extensores de cadera, reflejando la mayor necesidad que estos tienen, para actuar como propulsores en patrones de marcha patológicos.

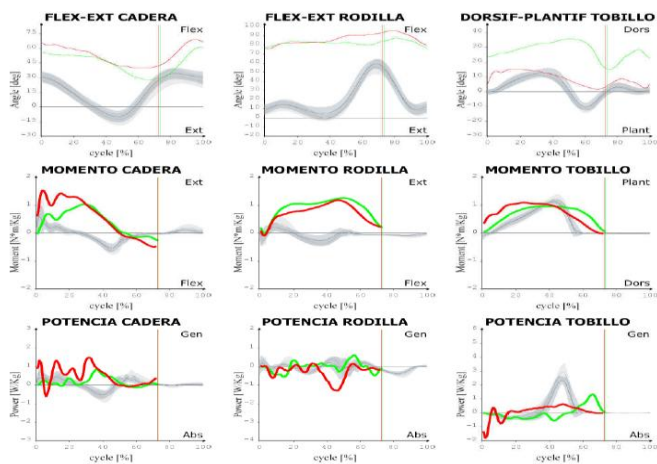


Figura 6. Cinemática y cinética en la marcha agachada en el plano sagital.

El exceso de flexión en cadera y rodilla junto con la dorsiflexión de tobillo durante un periodo de apoyo prolongado se reflejan en los momentos de fuerza y potencias. Los extensores de cadera incrementan y alargan su periodo de actividad para propulsar al paciente generando potencia, mientras que en la rodilla ésta es absorbida, al contraerse el cuádriceps de manera excéntrica. En el tobillo existe un déficit del valor máximo del momento de fuerza flexor plantar y disminución de su pico de potencia.

Mejorando la longitud del brazo de palanca osteo-articular, la cirugía ortopédica busca restaurar los momentos de fuerza extensores en rodilla y cadera junto con el momento flexor plantar del tobillo. La rehabilitación intenta conseguir que la contracción muscular, con la intensidad y duración adecuadas, se realice en el momento adecuado del porcentaje del ciclo de marcha.

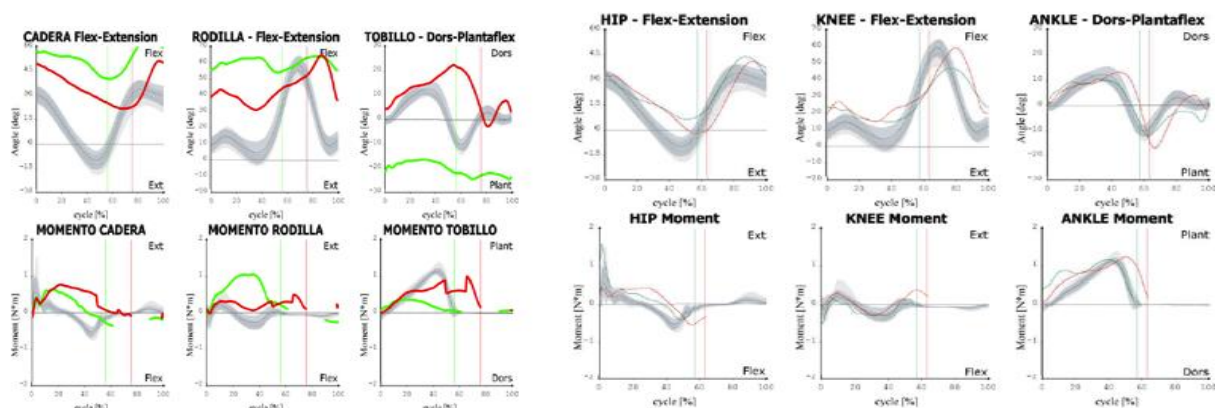


Figura 7. Restauración de momentos de fuerza tras la cirugía multinivel en paciente dipléjico. A la izquierda el flexo de rodilla se asocia a un equino de tobillo en el lado derecho y talo en el izquierdo. El vector de reacción del peso del cuerpo originado desde el suelo se coloca detrás de rodilla solicitando una mayor contracción de cuádriceps en el lado derecho. A la derecha la normalización de la cinemática y de los momentos de fuerza obtenidos tras la cirugía.

2.4.3. Electromiografía dinámica de superficie

La actividad del músculo puede registrarse de manera instrumentada con la captación de la señal que éste produce al contraerse. Para una buena adquisición de información se deben seguir las recomendaciones del grupo SENIAM (Surface E.M.G. for the Non-Invasive Assessment of Muscles)^{98 99}. La colocación de electrodos de superficie en la musculatura antagonista nos permite apreciar si la contracción se dá en el momento que corresponde durante el ciclo de marcha.

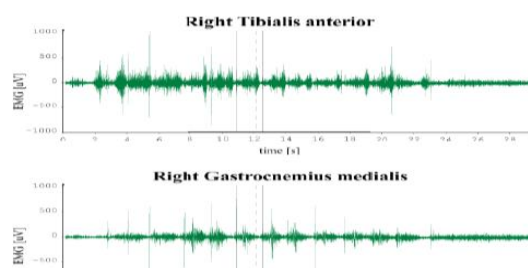


Figura 7.

Izquierda: Demostración de colocación de electrodos de superficie.

En el lado derecho del paciente aparece el contacto inicial con primera mecedora o mecedora de talón, mientras que en el lado izquierdo antes del periodo oscilante, se aprecia la mecedora de antepié o terecera mecedora. En ambos casos se recoge la actividad del gastrocnemio.

Derecha: Actividad electromiográfica de coactivación entre antagonistas en el apoyo.

2.4.4. Herramientas opcionales: la longitud dinámica muscular y el consumo de oxígeno.

Mediante la creación de modelos virtuales en los que se representa la longitud del músculo con su origen e inserción, se ha llegado a diferenciar si el músculo del paciente funcionaba de manera lenta o acortada. En el caso de los isquiosurales en la marcha agachada, los trabajos de Arnold y de Healy han llegado a demostrar como no era necesario alargar un músculo que en la mayoría de las ocasiones estaba de por sí alargado^{100 101}. La creación de unas gráficas de longitud durante el ciclo de marcha se han empleado para determinar la necesidad del alargamiento de los isquiosurales con gran fiabilidad.

Las gráficas de consumo de oxígeno en litros por minuto, han sido empleadas para de manera indirecta detectar el consumo energético del paciente al caminar^{102 103 104}. Su uso está condicionado por la complicidad del paciente para portar la máscara y el dispositivo que mide el oxígeno empleado, por lo que no todos los pacientes son candidatos adecuados para su uso.

Su utilidad en la medición de resultados tras el manejo de la espasticidad global o la cirugía ortopédica, ha permitido comparar dichos tratamientos¹⁰².



Figura 8. Integración de curvas cinemáticas, cinéticas y electromiografía en el plano sagital.

Con la E.M.G. dinámica de superficie, especialmente se obtiene información durante el periodo oscilante por el estudio de la actividad del músculo tibial anterior y del recto anterior. La ausencia de actividad en el músculo dorsiflexor de tobillo, define el patrón de pie caído descrito por Winters en la población hemipléjica, o en el caso de existencia de contracción del recto anterior, el patrón de rodilla rígida descrito por Sutherland¹⁰⁵.

Gracias a esta prueba diagnóstica se ha podido agrupar la actividad muscular con diferentes patrones sinérgicos. En la deambulación normal se detectan cinco sinergias musculares, asumiendo que por debajo de este número aparece un deterioro del control motor selectivo¹⁰⁶. En la edad pediátrica al inicio de la deambulación se registran un número de dos o de tres sinergias, al igual que en la parálisis cerebral infantil y en el daño cerebral adquirido del adulto¹⁰⁷. Schwartz desarrolló el cálculo de un valor numérico, el control motor dinámico⁵⁹. Este dato permite estimar el techo de la progresión en las mejorías iniciadas tras un tratamiento, independientemente de cual sea éste. Gracias a este valor se puede predecir el límite de un buen resultado, tal y como señala Ounpuu⁵⁸.

La integración de los tres aspectos del análisis instrumentado del movimiento es necesaria para obtener la información más adecuada¹¹⁰.

2.5. ANÁLISIS DE LA DEAMBULACIÓN NORMAL

Las extremidades inferiores transportan durante la deambulación a las superiores, junto con el tronco, la cabeza y el cuello. El desplazamiento en el plano sagital al ser donde más movimiento existe al caminar, es elegido comúnmente para estudiar la deambulación. En él el centro de gravedad, situado delante de la charnela lumbosacra, realiza una trayectoria sinusoidal con poca variación en su desplazamiento, lo que garantiza menor consumo energético¹¹¹. La metodología compartida por los estudios de la deambulación, es la de evaluar el movimiento del tobillo, rodilla, cadera y pelvis en cada uno de los tres planos del espacio y en cada uno de los periodos del ciclo de marcha, el de apoyo y el oscilante⁸⁹. Los eventos que comprenden desde que la extremidad inferior contacta por vez primera con el suelo, hasta que lo hace de nuevo, forman el ciclo de marcha. Se definen 7 fases, que se encuentran acotadas entre sí por una serie de eventos determinados y cada una de ellas tiene objetivos funcionales diferentes¹¹². En el periodo o fase de apoyo, se distinguirán los momentos en los que el sujeto se encuentra en contacto con el suelo con los dos pies o cuando lo hace manera unilateral.

SECUENCIA DE EVENTOS CRÍTICOS y FASES EN EL CICLO DE MARCHA	
1.	Contacto inicial de talón en lado estudiado. <i>Inicio fase de respuesta a la carga.</i>
Apoyo doble	
2.	Despegue de los dedos en contralateral. <i>Final de respuesta a la carga.</i>
Apoyo unipodal. <i>Fase de apoyo medio</i>	
3.	Ascenso del talón en lado estudiado. <i>Inicio fase de apoyo final.</i>
4.	Contacto inicial de talón en contralateral. <i>Inicio fase pre-oscilante.</i>
Apoyo doble	
5.	Despegue de los dedos del pie en lado estudiado. <i>Inicio de fase oscilante.</i>
6.	Pie del lado estudiado sin apoyo, en línea con el apoyado. <i>Inicio de fase oscilante media.</i>
7.	Pierna sin apoyo vertical con respecto al suelo. <i>Inicio de fase oscilante final.</i>

-Cuatro de estas fases están durante el periodo de apoyo:

1º Respuesta a la carga. 2º Apoyo medio. 3º Apoyo final. 4º Pre-oscilante.

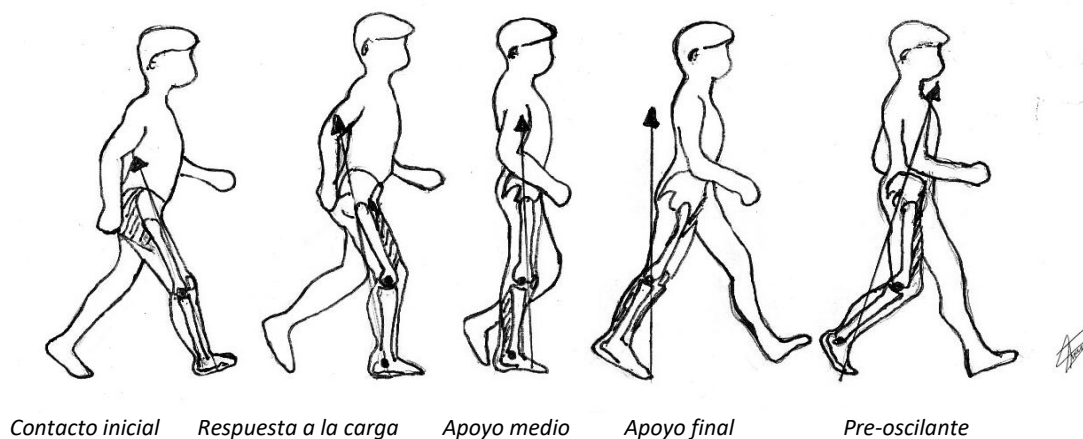


Figura 9. Secuencia de eventos y fases durante el periodo de apoyo en el plano sagital.

La colocación del vector de reacción a un lado u otro de las articulaciones genera en los grupos musculares predominantes, momentos de fuerza internos que en función del tipo de contracción muscular existente, controlan el movimiento o lo producen. En sombreado se señala la actividad muscular predominante.

-Tres fases aparecen durante el periodo o fase oscilante:

1º Oscilante inicial. 2º Oscilante medio. 3º Oscilante final.

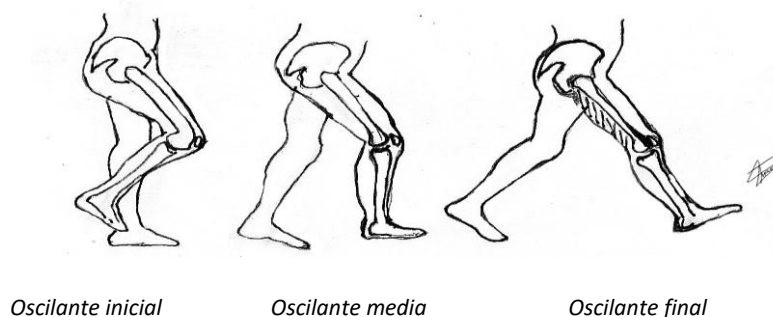


Figura 10. Secuencia de fases durante el periodo oscilante en el plano sagital.

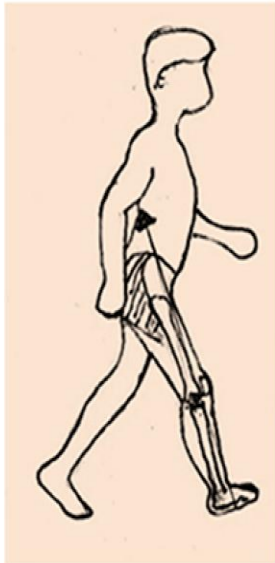
De izquierda a derecha aparecen las fases inicial, media y final del periodo oscilante. La contracción excéntrica del músculo tibial anterior durante todo este periodo y la de los isquiosurales al final del mismo, regulan el movimiento del tobillo y rodilla respectivamente.


El movimiento pendular en la rodilla, desde la flexión a su extensión, se realiza de manera inercial.


2.5.1. Movimiento, momentos de fuerza y potencias articulares en el plano sagital.


Cada una de las fases en las que se subdivide el periodo de apoyo y el oscilante tiene una función y de su cumplimiento, depende la normalidad de la deambulación.


Los movimientos, momentos de fuerza y potencias que aparecen durante ellas en las articulaciones mayores de las extremidades inferiores, son descritos en las siguientes tablas ^{89 112}.


FASE DE CONTACTO INICIAL	
	
Función	Contacto del talón con el suelo. Deceleración del impacto. Aceptación de la carga.
Cadera	La flexión de cadera se acerca a 30°. Los isquiosurales y el glúteo mayor se contraen para extender la cadera propulsando el cuerpo hacia delante.
Rodilla	La extensión obtenida al final de la fase oscilante disminuye. Los isquiosurales terminan una contracción excéntrica y pasan a una concéntrica.
Tobillo/pie	El tobillo se encuentra cerca de la posición neutra y el pie en supinación moderada. La contracción excéntrica del tibial anterior impide que el pie caiga en flexión plantar.
Momentos y Potencias	El vector de reacción se coloca delante de la cadera, rodilla y tobillo. Se genera potencia al extenderse la cadera gracias a los isquiosurales y glúteo mayor. En la rodilla hay un momento interno flexor inicial de absorción, en respuesta a la colocación del vector de reacción delante de la misma.
Actividad E.M.G.	Glúteo mayor, bíceps femoral, semitendinoso. Vasto medial, recto femoral y tibial anterior.

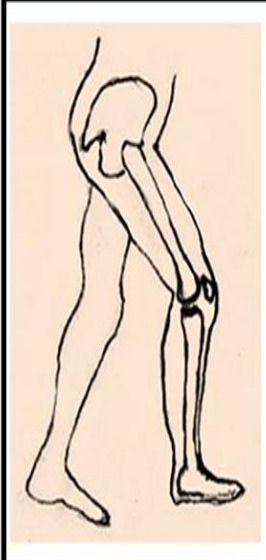
RESPUESTA A LA CARGA (0%- 10% del ciclo de marcha)	
	
Función	Aceptación de la carga. Preservar progresión del cuerpo. Proporcionar estabilidad en la cadera, control de la flexión de rodilla y tobillo.
Cadera	La cadera empieza a extenderse por la contracción del glúteo mayor e isquiosurales.
Rodilla	La rodilla se flexiona convirtiéndose en la articulación que absorbe el impacto del peso apoyado. El cuádriceps responde con una contracción excéntrica que disminuye y ralentiza la flexión.
Tobillo/pie	Se acaba la primera mecedora o mecedora del talón. Existe una flexión plantar del tobillo hasta que aterriza todo el pie en el suelo. La articulación subtalar pasa a evasión.
Momentos y Potencias	En la cadera persiste el momento extensor generador de potencia. Los isquiosurales como extensores de cadera proporcionarán un 20% de la propulsión. Se produce un pico de momento interno extensor de rodilla al encontrarse el vector de reacción por detrás de la rodilla.
Actividad E.M.G.	Glúteo mayor, bíceps femoral largo y semitendinoso. Vasto medial, recto femoral y tibial anterior.

APOYO MEDIO (10%-30% del ciclo de marcha)	
	Función
	Controlar el avance de la tibia hacia delante. Proporcionar estabilidad en extremidad inferior y tronco para permitir que avance el cuerpo sobre la extremidad apoyada.
	Cadera
	Continúa la extensión llegando hasta la posición neutra por inercia del movimiento. En el plano frontal, el glúteo medio y el tensor de la fascia lata, elevan pelvis contraria. Contribución al despegue del pie del lado opuesto del suelo.
	Rodilla
	Tras el pico de flexión se extiende de manera progresiva gracias a la contracción concéntrica inicial de los vastos. En el apoyo unipodal, la rodilla alcanza el máximo de extensión a expensas de la acción del sóleo que controla el avance hacia delante la tibia.
	Tobillo/pie
	En esta fase ocurre la segunda mecedora o mecedora de tobillo. Su flexión plantar se transforma luego en flexión dorsal cercana a los 10°. El pie se coloca progresivamente en supinación.
	Momentos y Potencias
	El vector de reacción se sitúa detrás de la cadera y delante de la rodilla. Existe una transición de un momento extensor a uno flexor en la cadera. El acople de los momentos de fuerza entre la flexión plantar de tobillo y la extensión de rodilla, consigue la extensión de esta última. Se inicia un pico flexor en el momento de fuerza que es absorbido por las estructuras posteriores de la rodilla. En el tobillo existe un momento interno de absorción, mayor durante la dorsiflexión final en la segunda mecedora.
	Actividad E.M.G.
	Glúteo mayor, bíceps femoral largo, vasto medial, recto femoral, tibial anterior, gastrocnemios, sóleo.

APOYO FINAL (30%-50% del ciclo de marcha)	
	Función
	Propulsión hacia delante con la flexión plantar del tobillo durante la tercera mecedora o mecedora del antepié. Mantener la posición de las articulaciones para preparar la transferencia del peso hacia la extremidad contraria.
	Cadera
	Extensión de cadera progresiva y lenta. Existe un momento interno flexor de absorción. La estabilización de la articulación depende de la contracción excéntrica de los flexores. Se alcanzan 15° de extensión máxima.
	Rodilla
	La rodilla permanece en extensión por la acción de los gastrocnemios y el sóleo.
	Tobillo/pie
	Flexión plantar del tobillo tras contracción concéntrica de gastrocnemios, responsables de cerca del 60% de la propulsión. La articulación subtalar se encuentra en inversión. Comienza la mecedora de antepié a expensas de la dorsiflexión de metatarsofalángicas.
	Momentos y Potencias
	En la cadera el patrón flexor de absorción alcanza su pico máximo y se genera potencia flexora. El momento flexor plantar alcanza su pico máximo por la contracción concéntrica de los gastrocnemios. El arco plantar permite que el pie actúe como palanca estable, permitiendo la propulsión.
	Actividad E.M.G.
	Iliopsoas, gastrocnemio, sóleo.

PRE-OSCILANTE (50%-60% del ciclo de marcha)	
	Función
	Preparar para la fase oscilante el lado apoyado, transfiriendo el peso desde el miembro rezagado al adelantado. Acelerar la progresión del tronco hacia delante.
	Cadera
	Empieza a flexionarse la cadera, por la acción de sus flexores y aductores superficiales, iniciándose un incremento en el momento y potencia flexoras. El iliopsoas llega a generar el 20% de la propulsión del miembro hacia delante.
	Rodilla
	La rodilla se flexiona hasta los 40°. El recto anterior se contrae de manera isométrica, decelerando la flexión de rodilla. Durante este periodo este músculo almacena energía para liberarla luego como fuerza flexora de cadera.
	Tobillo/pie
	La flexión plantar originada por los gastrocnemios, alcanza su máximo valor cercano a los 15°. La contracción de estos participa también en la flexión de la rodilla. El pie sigue manteniéndose como brazo de palanca estable para la propulsión.
	Momentos y Potencias
	Máxima dorsiflexión en metatarsfalángeas como parte final de la tercera mecedora.
	Actividad E.M.G.
	Recto femoral, iliopsoas, glúteo mayor, tibial anterior, gastrocnemios, sóleo.

OSCILANTE INICIAL (60%-75% del ciclo de marcha)	
	Función
	Alcanzar una altura adecuada del pie con respecto al suelo. Avance de la extremidad.
	Cadera
	La cadera se flexiona por la contracción del iliopsoas principalmente.
	Rodilla
	La rodilla alcanza un pico de flexión de 60°. Inercia de movimiento pendular.
	Tobillo
	Empieza con el despegue de los dedos del pie y acaba cuando éste se coloca en paralelo con el contralateral. La actividad muscular más importante es la del tibial anterior.
	Momentos y Potencias
	No detectables por ausencia de contacto en plataformas de fuerza.
	Actividad E.M.G.
	Iliopsoas, recto femoral, glúteo mayor, tibial anterior.

OSCILANTE MEDIO (75%-87% del ciclo de marcha)	
	Función
	Alcanzar una altura adecuada del pie con respecto al suelo. Avance de la extremidad.
	Cadera
	Flexión máxima de cadera por la contracción muscular previa.
	Rodilla
	La rodilla pasa de flexión a extensión gradualmente. Los isquiosurales empiezan a realizar su contracción excéntrica para modular la extensión de la rodilla.
	Tobillo
	Dorsiflexión del tobillo regulada por el tibial anterior.
	Momentos y Potencias
	No detectables por ausencia de contacto en plataformas de fuerza.
	Actividad E.M.G.
	Bíceps femoral, iliopsoas, tibial anterior.

OSCILANTE FINAL (87%- 100% del ciclo de marcha)	
	Función
	Preparar talón para contacto inicial con la rodilla a extensión. Avance de la extremidad.
	Cadera
	Flexión de la cadera siguiendo la inercia del movimiento generado anteriormente.
	Rodilla
	Mayor regulación de la extensión de la rodilla. Contracción excéntrica de isquiosurales.
	Tobillo
	Dorsiflexión regulada por el tibial anterior.
	Momentos y Potencias
	No detectables por ausencia de contacto en plataformas de fuerza.
	Actividad E.M.G.
	Semitendinoso, bíceps femoral, tibial anterior.

2.5.2. Prerrequisitos de la marcha normal

Perry y Gage basándose en las funciones de los periodos de apoyo y oscilante del ciclo de marcha, establecieron los cinco prerrequisitos que caracterizan una deambulación eficaz ⁵⁴:

1º Estabilidad en el periodo de apoyo. Un pie plantígrado con el talón en neutro y con un arco plantar normal, proporciona una base de soporte estable para la extremidad inferior. Además la correcta alineación en extensión de la rodilla y la cadera durante este periodo afianzarán la posición del tronco y permite la progresión del lado contrario.

El equilibrio, la propiocepción articular y una visión adecuada, son también requeridos para obtenerla.

2º Alcanzar una altura adecuada del pie con respecto al suelo. Para ello se necesita durante el periodo oscilante un movimiento adecuado de flexión de rodilla, cadera, y dorsiflexión de tobillo.

3º Colocación adecuada del pie en la fase oscilante final. La extensión de la rodilla, modulada por los isquiosurales y una dorsiflexión adecuada del tobillo del pie, preparan el aterrizaje del talón en el suelo.

4º La longitud adecuada del paso. El correcto cumplimiento de los aspectos anteriores posibilita que el paso no esté acortado.

5º Conservación de la energía. La deambulación se realiza de manera en la que se minimizan las fuerzas que realizan los músculos.

Dependiendo de la severidad de la afectación, el paciente con parálisis cerebral puede presentar un aumento de 1,5 a 3 veces la demanda energética habitual que se necesita para caminar¹¹³. La co-contracción entre antagonistas debida a la espasticidad y al mal control motor, junto con el aumento de cadencia o número de pasos por minuto, justifican este hecho.

Para conservar la energía se requiere:

- Que la estabilidad articular sea proporcionada por estructuras capsulo-ligamentosas que trabajan en sentido opuesto a donde se coloca el vector de reacción.

- Que el perfil de la trayectoria del centro de masas sea sinusoidal con poca variación de altura¹¹¹.

- Que la función de los músculos sea optimizada mediante^{113 114}.

- 1- El uso de actividad muscular excéntrica la mayor parte del ciclo de marcha.

- 2- La transferencia de energía de un segmento anatómico a otro, mediante los músculos biarticulares, tal y como ocurre al final de la fase de apoto entre la cadera y la rodilla gracias al recto anterior.

- 3- El almacenamiento de energía que debido a su elasticidad almacenan de manera pasiva tendones y músculos al ser elongados.

2.6. Alteraciones del brazo de palanca osteo-articular en parálisis cerebral infantil

Las desviaciones torsionales producidas y la pérdida de las relaciones articulares normales, producen la disfunción del brazo de palanca. Se han descrito 5 tipos de alteraciones del brazo de palanca osteo-articular:

-Brazo de palanca corto.

En la coxa valga o en la coxa breva se reduce la distancia entre el trocánter mayor al centro de la cadera. En ambos casos el glúteo medio disminuye su momento de fuerza y se predispone a una insuficiencia en la abducción de la cadera.

-Brazo de palanca flexible.

Cuando el mediopié se desvía en abducto, se disminuye la estabilidad para transmitir la fuerza de los flexores plantares del tobillo hacia la cabeza de los metatarsianos, acortándose además la longitud del brazo de palanca.

-Brazo de palanca con alteración rotacional.

La anteversión femoral aumentada, junto con la aparición progresiva de la torsión tibial externa constituye el ejemplo más característico. Cuando ambas coinciden en la rodilla pueden simular alteraciones en el plano frontal, dando lugar a pseudo-valgo o pseudo-varo en dicha articulación.

En la anteversión, el vértice del trocánter mayor se acerca al centro de la cadera en el plano transversal, disminuyéndose el momento de fuerza en la abducción y de extensión de la cadera.

La torsión tibial externa disminuye la longitud del brazo de palanca que ofrece el pie al sóleo, que con su contracción excéntrica controla el movimiento hacia delante de la tibia durante la fase de apoyo unipodal.

-Fulcro inestable.

Como representación de este tipo de problema se encuentra la subluxación en la cadera.

Durante el apoyo unipodal si la cadera es inestable se produce la migración a craneal del fémur, alterándose la función del glúteo medio para poder levantar la pelvis contralateral. Esta estrategia del lado no apoyado para despegar el pie del suelo se ve deteriorada, por lo que se necesita del movimiento del tronco al lado opuesto para conseguir el ascenso de la hemipelvis, dando lugar a la marcha en Trendelenburg.

-Disfunción del brazo de palanca posicional.

La posición agachada es el ejemplo más característico^{115 116}. Con ella se aumenta la distancia desde los isquiosurales al centro de la rodilla, incrementándose el valor del momento de fuerza flexor. En la cadera, la longitud existente desde este grupo muscular al centro de la cabeza femoral disminuye, por lo que el momento de fuerza extensor decrece. Además en esta postura el recto anterior se ve solicitado como extensor de rodilla, pero al contraerse desvía parte de su actividad hacia la flexión de cadera. Los isquiosurales responden después intentando extender la cadera, pero su contracción acaba redirigiéndose hacia la rodilla aumentando su flexión¹¹⁷.

Corregir la postura de la rodilla en flexo, permite disminuir el momento de fuerza flexor de los isquiosurales, consiguiendo una mejora en su función extensora de cadera.

2.7. PATRONES DE DEAMBULACIÓN EN PARÁLISIS CEREBRAL

2.7.1. Patrones anómalos cinemáticos

El análisis observacional de la marcha en el plano sagital, clasifica las alteraciones de la deambulación en función de la posición de la rodilla el tobillo y la cadera durante la fase de apoyo⁴. Las gráficas del ciclo de marcha al tener una evaluación más precisa, permiten diferenciar en la población con afectación bilateral los patrones descritos por Rodda. El patrón o grupo I representa el equino verdadero y en el tipo II los pacientes caminan con marcha en forma de salto al existir un equino de tobillo con flexión de rodilla. Al patrón III se le conoce como equino aparente o pseudo-equino, y en él existe un tobillo en neutro sin flexión plantar, pero con flexión de rodilla. La marcha agachada o grupo IV, presenta una dorsiflexión de tobillo junto con una flexión de rodilla y de cadera. Por último el grupo V es el del patrón asimétrico, y en él se producen combinaciones de los otros cuatro restantes.

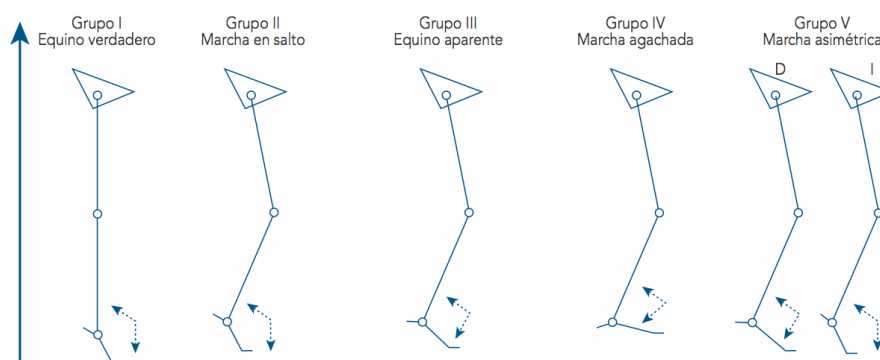


Figura 11. Patrones anómalos en plano sagital descritos por Rodda

Durante el periodo de apoyo la relación de la posición de la rodilla, con la de la cadera y el tobillo, define los patrones de marcha en la población dipléjica.

Antes que Rodda, Sutherland y Davids, establecieron patrones de marcha en función de la situación clínica de la rodilla en el plano sagital. El patrón de salto, marcha agachada y recurvatum, se definen por la posición de esta articulación con respecto al tobillo en fase de apoyo. El patrón de rodilla rígida, hace alusión a su falta de flexión durante el periodo oscilante.

En los pacientes hemipléjicos se usa la clasificación de Winters¹⁰⁵. En ella se diferencian el patrón de equino por insuficiencia del tibial anterior, presente en el grupo I, del pie equino verdadero por contractura o acortamiento de los flexores plantares con o sin hiper-extensión de rodilla característica del grupo II. El grupo III o patrón de salto, con equino y flexo de rodilla precede al IV, en el que se añade a éste último la flexión de cadera e hiperlordosis⁴⁰.

Dobson en su revisión sistemática sobre este tema, encontró limitaciones metodológicas en los estudios analizados, por que la aplicación clínica de la clasificación en patrones de marcha, no es siempre posible¹¹⁸. Es por ello por lo que Carriero intenta determinar los patrones de marcha estudiando de manera estadística sus asociaciones¹¹⁹.

Davids presentó una distribución de patrones en la que el análisis instrumentado del movimiento, especialmente el estudio cinético, se hace indispensable¹²⁰. Utilizando criterios de las clasificaciones de Sutherland y Rodda, dividió la marcha agachada en dos subtipos: aquella en la que gracias a la colocación del tronco, el momento extensor de la rodilla no aumentaba y por otro lado, aquella en la que no ocurre esta compensación, registrándose un aumento claro del momento extensor.

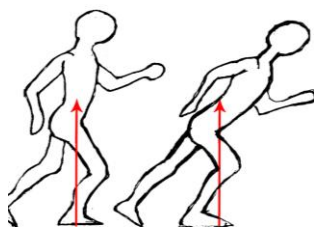


Figura 12. Influencia del tronco en la compensación del patrón extensor de rodilla.

La inclinación del tronco hacia delante, hace que el vector de reacción se coloque cerca del centro de la rodilla, por lo que el cuádriceps se ve menos solicitado. En estos pacientes, a pesar de la flexión de rodilla, la cinética recogería un momento de fuerza extensor normal.

La clasificación además propone diferenciar la falta de flexión de rodilla durante el periodo oscilante, entre las debidas al exceso de actividad del recto anterior y las ocasionadas por la debilidad de la flexión en la cadera.

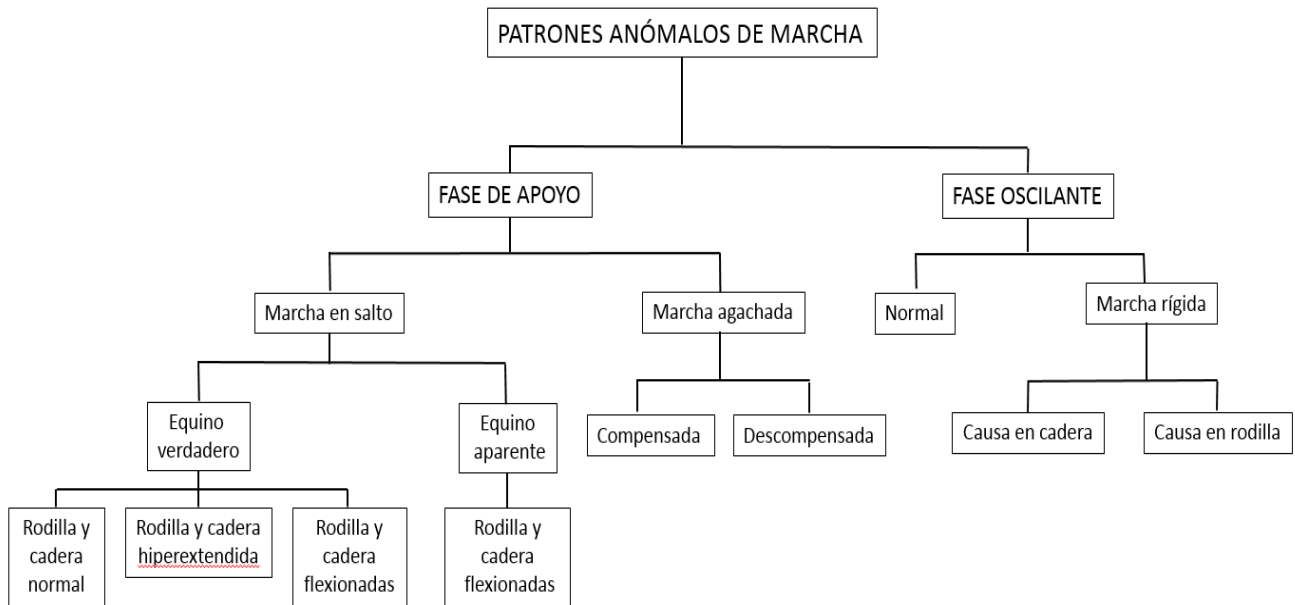


Figura 13. Patrones anómalos descritos por Davids, detectados con el análisis del movimiento.

La aportación de esta clasificación son en primer lugar la de diferenciar la marcha agachada en descompensada y compensada. Esta última ocurre gracias a que la posición del tronco permite normalizar el momento extensor. La clasificación diferencia también las causas de marcha rígida, debidas a la debilidad de la cadera, o a la espasticidad en el recto anterior.

Avanzando en la tendencia del uso del análisis instrumentado del movimiento, Nieuwenhuys fija los patrones de marcha por segmentos anatómicos según el trazado de las gráficas del ciclo de marcha en los tres planos. Hasta 49 patrones han sido descritos con un buen índice de fiabilidad intra- e inter-observador ¹²¹. En sus trabajo se sugiere la inclusión de las alteraciones del tronco y de patrones cinéticos en rodilla cadera y tobillo, así como la aplicación de algoritmos en las curvas cinemáticas, para automatizar la identificación correcta del patrón a través del manejo informático ¹²².

2.7.2. Patrones anómalos cinéticos

La función del grupo muscular predominante dará el nombre al patrón cinético ¹⁵. Gage describe los patrones que más comúnmente se encuentran en el plano sagital en la parálisis cerebral infantil :

- El patrón extensor de rodilla.

Aparece habitualmente en la respuesta a la carga y se mantiene durante el resto de la fase de apoyo, justificando la actividad del cuádriceps constante. Para Gage la presencia de este patrón es lo que define la marcha agachada ⁴⁵.

Hay en él una coactivación permanente entre isquiosurales y cuádriceps ^{123 124}. Se refleja así la respuesta del cuádriceps, rótula y tendón rotuliano al posicionamiento del vector de reacción que genera el peso del cuerpo al apoyarse en el suelo. En la cinemática se aprecia una flexión de la rodilla superior a lo habitual en el contacto inicial, que nunca alcanzará la extensión durante el resto de la fase de apoyo y se mantiene con un rango de movimiento reducido.

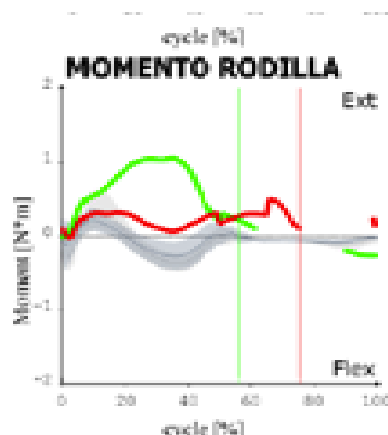


Figura 14. Gráfica de patrón extensor de rodilla más acusado en lado derecho. Aumento del momento de fuerza extensora asociada a contracción excéntrica del cuádriceps.

- **El patrón flexor de rodilla.** Las estructuras capsulo-ligamentosas posteriores y los isquiosurales se ven solicitados ante la colocación del vector de reacción demasiado anterior a la rodilla. Este hecho se da en la deformidad en recurvatum, pero también puede deberse a acortamiento del gastrocnemio. En el contacto inicial suele haber una flexión de rodilla mayor de lo habitual, que rápidamente pasa a una extensión excesiva que se prolonga durante el apoyo medio y el final.

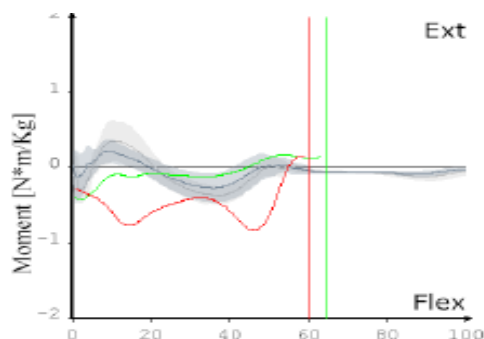


Figura 15. Gráfica de patrón flexor de rodilla.

En el lado izquierdo el aumento del momento de fuerza interno flexor surge como respuesta a la posición hiperextensión en la rodilla. La colocación del vector por delante de dicha articulación, solicita a los isquiosurales y a sus estructuras capsulo-ligamentosas posteriores.

- **El patrón extensor de cadera.** La magnitud del momento de fuerza extensor aumenta y predomina durante el periodo de apoyo. Se retrasa la transición al momento flexor. Este patrón aparece cuando los extensores de la cadera están solicitados por la postura en flexo de cadera o por un aumento de la inclinación anterior de la pelvis, lo que se asociaría a absorción de potencia. Durante la marcha agachada, el aumento de contracción excéntrica del glúteo mayor y de los isquiosurales sostienen al paciente tras el contacto inicial. Posteriormente estos grupos musculares tienen la misión de realizar la propulsión, por lo que se observa un aumento en la generación de potencia desde los primeros momentos de la fase de apoyo¹²⁴.

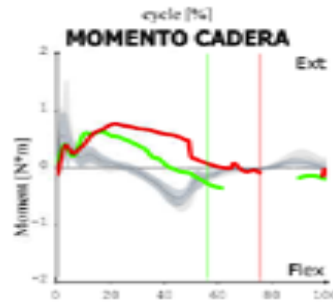


Figura 16. Patrón cinético extensor de cadera.

El aumento de la actividad de los extensores de cadera, aparece con la presencia del aumento del flexo de la misma. El retraso en la transición a la acción de los flexores es característico.

- **El patrón flexor de cadera.** Este patrón, con mucha menor incidencia, se debe a que el vector de reacción del peso del cuerpo se coloca por detrás de la articulación en la fase media de apoyo, solicitando de los flexores una contracción excéntrica. Puede encontrarse en pacientes en los que el tronco se coloca detrás de la articulación durante la fase de apoyo así como en pacientes con antecedente de osteotomía proximal femoral extensora.

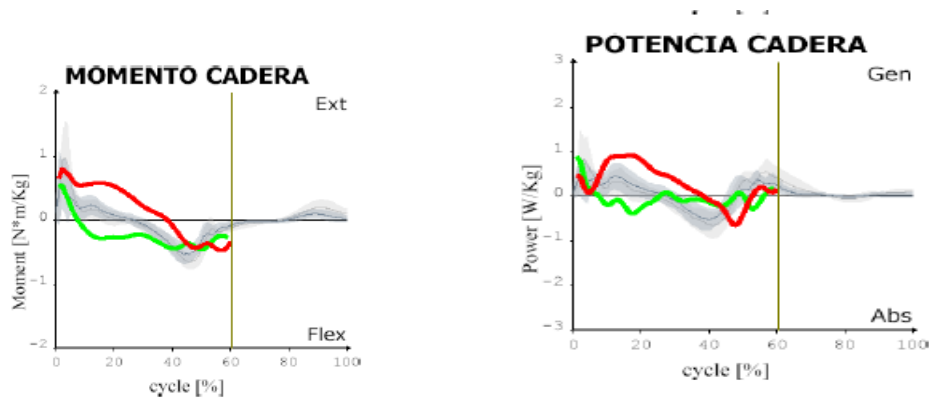


Figura 17. Patrón flexor de cadera en lado derecho con absorción de potencia y en el lado izquierdo con generación de la misma en el izquierdo.

- **El patrón de doble joroba.** Similar al encontrado en las curvas cinemáticas, es característico del tobillo espástico. La dorsiflexión presente al inicio de la segunda mecedora produce en el gastrocnemio una rápida flexora plantar. En la cinética, durante la primera mitad del periodo de apoyo y en respuesta al estiramiento inicial que absorbe potencia, el músculo reacciona contrayéndose de forma concéntrica hacia la flexión plantar. Este cambio de sentido en el movimiento, se traduce en la gráfica como un primer pico, que por su forma suave recibe el nombre de joroba. Después aparece de nuevo la dorsiflexión del tobillo, lo que conlleva la absorción de potencia, que de nuevo desencadena otra flexión plantar del tobillo, lo que da lugar a la segunda joroba. Durante esta última contracción de los flexores plantares, el paciente se propulsa hacia delante.

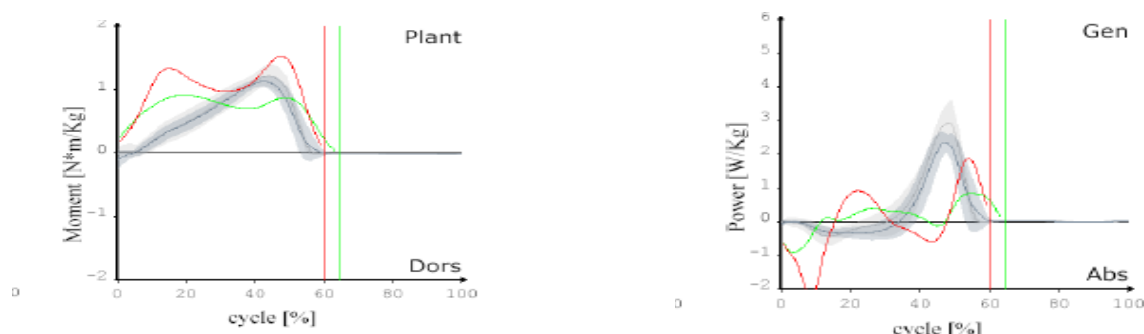


Figura 18. Patrón cinético de doble joroba en tobillo.

La correlación del momento de fuerza y de la potencia del tobillo, muestra como la dorsiflexión del tobillo tras el contacto inicial absorbe potencia y como la respuesta flexora plantar la genera.

2.7.3. Patrones anómalos electromiográficos

La señal alterada de la actividad muscular se puede observar por la cocontracción entre antagonistas, la contracción fuera del momento de funcionamiento habitual o por la presencia o ausencia permanentes de actividad muscular ¹²³.

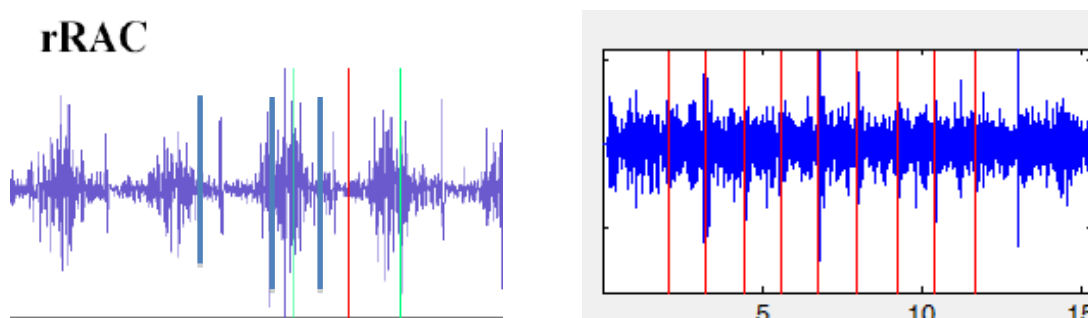


Figura 19. Patrones anómalos de EMG detectados durante la marcha en el recto anterior.

La actividad fuera de su momento habitual de contracción o actividad fuera de fase, se aprecia al final de la fase oscilante en la gráfica izquierda. En la del lado derecho aparece el patrón de actividad continua.

2.8. EL PATRÓN DE MARCHA AGACHADA EN LA PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL

2.8.1. Definición y subtipos de marcha agachada.

La mayoría de los autores coinciden en reconocerla este patrón de marcha cuando existe un aumento de flexión de rodilla en el momento en el que la extremidad inferior se encuentra apoyada al caminar ¹²⁵.

El aumento de flexión de rodilla en la fase media de apoyo acompañado de unos patrones cinemáticos y cinéticos determinados, permiten caracterizarla mejor.

Inicialmente Frost la describió como aquella que además de la rodilla en flexión, presentaba dorsiflexión del tobillo y cadera durante el periodo de apoyo ¹²⁶. Sutherland y Davids añadieron como criterios cinemáticos, la presencia en las gráficas de una flexión de rodilla mayor de 30° junto con la dorsiflexión durante el apoyo unipodal ¹. Los autores consideran el carácter progresivo y sintomático de este patrón, como motivo de tratamiento.



Figura 20. *Marcha agachada severa y corrección tras la cirugía multinivel.*

En la imagen de la izquierda la magnitud del flexo de rodilla, junto con el de cadera y la dorsiflexión de tobillo, configuran la marcha agachada severa. La corrección tras la cirugía multinivel se aprecia a la derecha.

Desde el punto de vista clínico, Rodda lo clasificó como el cuarto patrón sagital de deambulación alterada, e incluyó como Frost y Sutherland, la dorsiflexión del tobillo durante el apoyo junto con el aumento de la flexión de cadera ⁴. En la descripción de la marcha agachada severa, la autora emplea criterios cinemáticos durante el periodo de apoyo, tales como la dorsiflexión mayor de 15° en el tobillo, el flexo de rodilla mayor de 30° y déficit de extensión de cadera ¹¹.

Galey propone utilizar como definitorio el exceso de flexión de rodilla desde el final del periodo de aceptación de la carga hasta el final del periodo de apoyo ¹²⁵. Dentro de la revisión sistemática que realizó acerca de los tratamientos de la marcha agachada, solo 10 trabajos aportaban una definición de la misma. De ellos tres usaron el criterio de Rodda, otros tres el de aumento de flexión de rodilla en el contacto inicial y cuatro el de flexión de rodilla durante el periodo de apoyo.

Gage basó la definición en la cinética, al describir la marcha agachada como aquella que presenta un aumento constante del momento de fuerza extensor en la rodilla ⁴⁵. Siguiendo esta idea una colocación en flexión plantar del tobillo podría originarla, por lo que la posición de esta articulación no es determinante.

Rozumalsky y Schwartz usaron como criterios cinemáticos el flexo de rodilla mayor en el contacto inicial ⁵. Los autores describieron los estadios evolutivos durante el crecimiento del paciente, desde su forma leve en la que existe 20° y 30° de flexión en el contacto inicial, a la moderada entre 30° y 40° y finalmente, la forma severa definida por una flexión de rodilla en el contacto inicial igual o superior de 40°.

En la **marcha agachada leve** el niño presenta un patrón de salto o de aparente equino con la rodilla en permanente flexión. Su tratamiento incluye el manejo de la espasticidad focal o general, las contracturas musculares y la alteración del brazo de palanca. La flexibilidad de la deformidad en la rodilla permite su corrección con el manejo ortésico, al poder colocar hacia posterior de la tibia o lo que es lo mismo, adelantar el vector de reacción hacia la rodilla.

En la **marcha agachada moderada**, que aparece cerca de la pubertad, los músculos biarticulares tienden a acortarse, por lo que los tratamientos ortésicos y de espasticidad focal son menos efectivos. La disminución de la longitud del músculo psoas, los isquiosurales, el recto femoral o los gastrocnemios es frecuente. En este tipo de marcha el músculo iliaco, el glúteo mayor, los vastos medial y lateral y el sóleo, ya se encuentran elongados y débiles ⁴⁴.

La menor flexibilidad de la deformidad en la rodilla y la presencia de la disfunción del brazo de palanca osteoarticular, en la que el pie plano y la torsión tibial externa son frecuentes, hacen de la cirugía multinivel el tratamiento más completo ⁴⁵.

La **marcha agachada rígida severa** suele ocurrir en pacientes de más edad con antecedentes de cirugías previas, en los que la disfunción del brazo de palanca se añade la deformidad fija de rodilla. Es frecuente la presencia de patela alta con elongación del tendón patelar. En ocasiones el exceso de sollicitación del aparato extensor, se traduce radiográficamente en imágenes que simulan avulsiones del polo inferior de la rótula o alteraciones radiográficas en la tuberosidad tibial anterior similares a las presentes en la enfermedad de Osgood-Schlatter ¹²⁷ ¹²⁸. El dolor en la rodilla en la cara anterior de rodilla, limita la resistencia para caminar. El tratamiento en este estadio debe abordar la corrección de la deformidad fija en flexo de rodilla, junto con el de la disfunción del brazo de palanca ¹² ¹²⁵.

2.8.2. Frecuencia de la marcha agachada en la población dipléjica

Debido a la aplicación de las cargas anómalas durante la deambulación y al predominio de la musculatura deformante, el patrón de marcha agachada es considerado el más frecuente entre la población pre-adolescente que padece diplejía espástica ¹²⁹.

Wren en 2005, utilizando la cinemática como herramienta de evaluación estudió los patrones presentes en 492 pacientes ¹³⁰. La frecuencia de la marcha agachada en la población dipléjica infantil alcanzó el 74%, siendo el patrón más común la marcha rígida en fase oscilante con un 88% de los casos. En el trabajo de Morais, la marcha agachada ocupó el segundo lugar, con una incidencia del 21,88% ¹³¹. Para el autor, el patrón asimétrico fue el más frecuente con una prevalencia de 48,8%, señalando como la marcha agachada fue la que más se alejó de la normalidad, al obtenerse los peores valores del índice de valoración global de la marcha Gillette Gait Index. La mayor edad y la mayor incidencia del nivel funcional GMFCS III, encontrados en los pacientes con marcha agachada estudiados de su serie, se ajusta al carácter progresivo y la mayor afectación del control motor presente en este tipo de pacientes deambulantes ¹³².

Rethflesen describió la frecuencia con la que se presentaban los distintos patrones cinemáticos por niveles GMFCS. El autor encontró un claro predominio de la marcha agachada en los niveles III y IV, aumentando la incidencia con la edad y el número de cirugías previas ¹³³.

2.8.3. Etiopatogenia

Los factores que explican la aparición y progresión de la marcha agachada han sido revisados recientemente por Law ¹³⁴.

La postura en sí misma ya reduce la capacidad de los músculos para extender la rodilla y la cadera, llevando a generar un estrés mecánico que causará dolor en la articulación femoropatelar.

Dentro del origen multifactorial de este patrón de marcha, las causas más reconocidos se recogen a continuación.

2.8.3.1. Acoplamiento flexión plantar tobillo-extensión de rodilla insuficiente.

Dentro de los factores relacionados con su aparición, la debilidad del sóleo es la más frecuente. Ésta se ve favorecida por la disfunción biomecánica que aparece al disminuir progresiva de la longitud del brazo de palanca durante el crecimiento. La consiguiente disminución del momento de fuerza flexor plantar, hace que se pierda el beneficio que este tiene sobre la extensión de rodilla, obligando a actuar a los extensores de rodilla para mantener la verticalidad de la tibia durante el apoyo unipodal ⁴⁹.

También la debilidad muscular presente en estos pacientes, se agrava también por las cirugías previas de alargamiento sobre el tendón de Aquiles. Delp demostró como el alargamiento del sóleo en un centímetro, se asociaba a la pérdida de un 50% de su fuerza ¹³⁵.

La importancia de proteger el acoplamiento de la flexión plantar con la extensión de rodilla ha sido puesta de manifiesto por el estudio retrospectivo comparativo de Vullermin ¹³⁶. El autor aprovechando

el censo existente de los pacientes con esta patología en Australia, estudió la prevalencia de la marcha agachada severa, antes y después de la llegada del análisis instrumentado del movimiento y la aplicación de técnicas quirúrgicas que preservaban la fuerza de los flexores plantares. Siguiendo los principios actuales en los que la optimización de la función del sóleo es la norma, la prevalencia de la marcha agachada severa disminuyó un 25%.

2.8.3.2. Patología en isquiosurales.

- *Espasticidad.* El aumento de tono y la hiperexcitabilidad al estiramiento predisponen al final del periodo oscilante a un alargamiento lento e insuficiente en este grupo muscular, favoreciéndose el flexo de rodilla en el contacto inicial y posteriormente en la fase media del apoyo ¹³⁷.
- *Contractura.* La contractura de la musculatura, ya sea flexible o rígida, dificulta la extensión de la rodilla. Durante el crecimiento y dentro del músculo, el aumento progresivo de la matriz extracelular que se traduce en una mayor presencia de colágeno, hará que el componente mecánico de la deformidad estructure la deformidad ⁴⁰. El acortamiento de los isquiosurales precede al de las estructuras capsulo-ligamentosas posteriores de la rodilla ³².
- *Influencia de la inclinación anterior de la pelvis en los isquiosurales.* Con el aumento de la lordosis lumbosacra, la tracción ejercida hacia craneal desde la inserción proximal hace que aumente la flexión de la rodilla. En este sentido el trabajo de Delp, realizado mediante simulación virtual, mostró que en un 80% de 14 pacientes que deambulaban con este patrón de marcha agachada, no había isquiosurales cortos y si una longitud disminuida en el psoas ⁶. Por cada grado de inclinación anterior de la pelvis, la extensión de la rodilla empeoraba 2° en la maniobra del ángulo poplíteo. Hoffinger creó el primer modelo para estudiar la longitud muscular y observó cómo en 28 de un total de 32 rodillas, la longitud de los isquiosurales incluso apareció aumentada en los pacientes con marcha agachada ⁷.

2.8.3.3. Disfunción del brazo palanca osteo-articular

La anómala relación entre los momentos de fuerza flexores y extensores, es una de las causas que explican la génesis y progresión de la marcha agachada ¹¹.

Según la localización con respecto a la rodilla, los problemas relacionados con la enfermedad del brazo de palanca se describen a continuación.

2.8.3.3.1. A nivel distal a la rodilla.

En la población dipléjica durante el crecimiento con la carga se tiende a producir la torsión tibial externa y el abducto del antepié. El menor momento de fuerza flexora plantar del tobillo favorece la dorsiflexión del mismo, disminuyendo la distancia con la que cuenta el sóleo para que desde el tobillo pueda controlar la posición de la tibia en el apoyo unipodal.

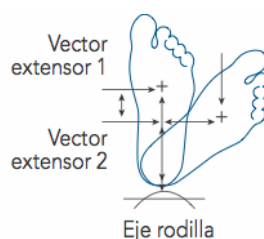


Figura 21. Disminución de longitud del brazo de palanca asociado a la torsión tibial externa.

Tras la desviación hacia externo con respecto al tobillo, el vector resultante es de una longitud menor que el que se presenta en la torsión tibial neutra.

Mediante modelos virtuales se ha calculado que aquellos casos que presentaban una torsión tibial externa de 30º, reducían un 10 % la capacidad que el sóleo tiene para extender la rodilla, e indirectamente se disminuía la extensión de cadera, habitualmente conseguida por la acción de la porción posterior del glúteo medio y el glúteo mayor⁴⁹.

2.8.3.3.2. A nivel de la rodilla

1- En la articulación femoro-rotuliana.

La patela alta supone un acortamiento del brazo de palanca del aparato extensor de la rodilla, lo que implica la disminución del momento de fuerza extensor y por tanto su tendencia a la flexión¹³⁸. El hecho de abandonar el surco femoral, hace que disminuya la distancia desde el centro de la rótula al punto medio del fémur, comparándolo a cuanto estaba delante de los cóndilos femorales. La pérdida de eficiencia de este momento extensor interno, hace que durante la fase de apoyo unipodal se disminuya el control en la posición vertical de la tibia.

2- En la articulación femoro-tibial.

El flexo progresivo de rodilla aumenta la distancia entre los isquiosurales y el centro de la rodilla, por lo que el momento externo flexor en esta articulación se incrementa. En respuesta a él y para evitar el colapso en la postura vertical del sujeto, el momento interno extensor aumenta^{49 138}.

2.8.3.3.3. A nivel proximal a la rodilla

La anteversión femoral aumentada disminuye el momento de fuerza de los extensores de cadera, al acortarse la distancia desde el punto de acción en el trocánter mayor al centro de la articulación. Además esta situación en el extremo proximal del fémur, produce sobre la pelvis una mayor inclinación anterior al intentar ésta mejorar la cobertura de las cabezas femorales. Todo ello predispone a la lordosis lumbosacra, promoviéndose así el flexo de rodilla¹³⁷.

2.8.3.4. Insuficiencia aparato extensor

La incapacidad del cuádriceps, de la rótula y del tendón rotuliano para alcanzar la extensión completa de la rodilla, predispone a la marcha agachada tal y como señaló O,Sullivan¹²⁸.

2.8.3.5. Alteraciones en el equilibrio

La falta de equilibrio puede impedir adquirir una postura erguida, lo que favorece la disfunción de los músculos antigravitatorios. En algunos pacientes el menor control motor del tronco favorece el adelantamiento de éste al caminar, lo que condiciona la falta de extensión de la rodilla en el contacto inicial.

2.8.3.5. Alteraciones sensoriales

Los problemas visuales o los de propiocepción articular, son causas que conviene descartar en una evaluación completa de este trastorno¹³⁹.

2.8.4. CARÁCTER PROGRESIVO DE LA MARCHA AGACHADA.

La flexión crónica de rodilla incrementa los costes energéticos requeridos para caminar. En este sentido Perry y Antonelli describieron cómo el cuádriceps se veía obligado a trabajar al 50% de su máxima capacidad, con tan sólo 30° de flexión durante el periodo de apoyo unipodal ¹⁴⁰.

Los cálculos realizados sobre modelos virtuales por Steele, también mostraron como esta situación al caminar conlleva un aumento de las fuerzas de presión en la rodilla ¹⁴¹.

El mayor esfuerzo y actividad muscular asociados se traducen en un incremento del gasto energético poco sostenible. El rápido crecimiento y la ganancia de peso que ocurre en la pubertad, pueden llevar al deterioro de la marcha y a la pérdida de movilidad en la edad adulta ¹⁴².

El fallo progresivo en la extensión de rodilla, deteriora la marcha y hace que el paciente dependa de dispositivos de asistencia a la deambulación.

Gannotti demostró como a medida que crece el paciente con afectación espástica bilateral, existe al caminar una tendencia a disminuir la velocidad, junto con un aumento en el flexo de rodillas ¹⁴².

Conclusiones similares se obtienen de los trabajos de Bell y Johnson ^{2 3}.

El agravamiento del flexo de rodilla durante el periodo de apoyo, explica parcialmente la regresión funcional de la deambulación a partir de los 12 años dentro de los niveles de deambulación GMFCS, a medida que crece el paciente con afectación bilateral ¹³².

O'Sullivan describió un patrón cinemático asociado al fracaso del aparato extensor de la rodilla, que de manera implícita se asociaba con la evolución de la marcha agachada ¹²⁸. La desaparición en la gráfica de la habitual respuesta a la carga, en la que existe primero un ascenso en la flexión y posteriormente una respuesta extensora en la rodilla, se asocia a un deterioro de la capacidad de adaptación en su aparato extensor y son comunes los signos radiográficos de sufrimiento del aparato extensor con dolor en la zona. Este comportamiento cinemático vaticina el agravamiento de la marcha agachada, relacionándose con el incremento del flexo de rodilla y del momento flexor externo.

La revisión de Koop estableció que el deterioro de la deambulación puede verse precozmente en los adolescentes, aunque entre el 10% y el 25% de ellos puede haber un aumento de sus habilidades para caminar ¹⁴³. Posteriormente la pérdida progresiva de destrezas en la marcha es frecuente y entre el 10% y el 20% de esta población, se convierte alrededor de los 40 años en no deambulante. Por niveles funcionales, los pacientes GMFCS I y II mantienen su capacidad para andar a los 60 años y los III y IV, son los que se encuentran en mayor riesgo de dejar de caminar en la edad adulta.

El descenso de la participación de los pacientes en actividades físicas, la menor fuerza muscular con la presencia de contracturas articulares y el dolor osteomuscular, se encuentran dentro del listado de causas que justifican la pérdida de función en la marcha. Por todo ello el tratamiento de las deformidades progresivas no reductibles en la rodilla y el de su dolor asociado, constituyen uno de los factores clave en la perpetuación de la capacidad de andar de los pacientes ¹⁴⁴.

2.11. TRATAMIENTO DE LA MARCHA AGACHADA.

Aún reconociendo el complejo carácter multifactorial de su etiopatogenia, ha de intentarse tratar el mayor número de causas existentes. Mientras que las deformidades sean corregibles y en el componente osteoarticular no haya alteraciones en los planos transversal y frontal, debe predominar la fisioterapia, corrigiendo la debilidad muscular, junto con el abordaje terapéutico de la espasticidad y el ajuste ortésico.

Galey realizó una revisión sistemática sobre la eficacia de los tratamientos quirúrgicos y conservadores empleados en la marcha agachada ¹²⁵. De 3.963 citas iniciales, sólo 38 estudios presentaron la metodología y datos relevantes para poder ser incluidos en la revisión. Los estudios cinemáticos recogieron la flexión de rodilla en el contacto inicial, la máxima extensión durante el periodo de apoyo,

la máxima flexión en el periodo oscilante, el rango de movimiento de la rodilla durante el ciclo de marcha y la inclinación media de la pelvis.

También se registraron resultados temporo-espaciales como la cadencia, la velocidad, o la longitud de zancada en veinte de ellos y en solo cuatro, se presentaban mediciones funcionales.

Solo ocho trabajos fueron prospectivos, hubo uno randomizado y en trece estudios comparativos se incluyó un grupo control.

Los tamaños de la muestra oscilaron entre 8 y 111 pacientes y el seguimiento se realizó entre 6 meses y cerca de 12 años.

Por niveles de medicina basada en la evidencia, un estudio alcanzó el nivel II, once el III y veintiséis el nivel IV.

El tratamiento más comúnmente realizado fue el del alargamiento de los isquiosurales.

Galey concluye en su revisión que este tratamiento es el más apoyado por la literatura. Advierte sin embargo que tiende a practicarse sólo en el lado medial para prevenir, tanto el recurvatum de rodilla, como el aumento de la inclinación de la pelvis y reconoce que el deterioro de la deambulaci3n en la edad adulta sigue siendo dif3cil de detener.

La reflexi3n acerca de que el alargamiento de esta musculatura debilita una estructura ya de por s3 d3bil, fuerza la recomendaci3n de que las terapias se dirijan a corregir, tanto los problemas de alineaci3n esquel3tica y de rango de movimiento, como a potenciar la fuerza extensora de la rodilla. En ese sentido Healy demuestra la escasa influencia que tiene el acortamiento de los isquiotibiales en la marcha agachada severa, por lo que otros factores como la osteotom3a extensora junto con el descenso de r3tula deben ser elegidos como soluciones eficaces del problema¹⁰¹.

Como gu3a de manejo se deben seguir los principios aplicados a cualquier alteraci3n de la marcha presente en la par3lisis cerebral infantil, teniendo en la cirug3a multinivel la t3cnica quir3rgica de referencia.

2.9. TRATAMIENTO DE LAS ALTERACIONES DE LA MARCHA EN PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL

Bache describi3 la distribuci3n de la frecuencia de los tratamientos por edades²⁵. En ella se apreciaba c3mo la fisioterapia, acompa3ada del uso de ortesis y la toxina botul3nica, es eficaz en edades tempranas.

Con el crecimiento, al dejar de ser flexibles las deformidades, la adici3n del tratamiento de yesos seriados ayudan a mejorar en el rango de movimiento. La combinaci3n correcta de estas medidas conservadoras, apoyadas por el an3lisis del movimiento, retrasa la edad de la primera cirug3a y la magnitud de la misma³⁰.

Los tratamientos de las alteraciones de la deambulaci3n dependen de:

- La flexibilidad de las deformidades articulares.

La fisioterapia y las ortesis tobillo-pie en posici3n funcional, se aplican mejor si la deformidad no es r3gida. Es conveniente diferenciar el componente mec3nico, relacionado con la mayor presencia de tejido conectivo dentro del m3sculo, del neurol3gico ligado a la espasticidad. De esta manera se puede prever el resultado del tratamiento farmacol3gico y el fisioter3pico.

- Las desviaciones de los ejes osteoarticulares en el plano transversal y frontal.

Esta perdida de alineaci3n esquel3tica altera la eficiencia del movimiento en el plano sagital⁴⁷.

- La presencia de alteraciones del control motor selectivo y del tronco.

En los pacientes con peores niveles funcionales dentro de la clasificaci3n GMFCS (Gross Motor Function Classification System) la afectaci3n neurol3gica condiciona la falta de control motor⁹⁴. En ellos es necesario reconocer metas realistas como la sedestaci3n en posici3n adecuada o desde la silla de ruedas las transferencias con bipedestaci3n asistida.

- La edad, junto con aspectos cognitivos y volitivos del paciente.

A partir de la pubertad, es cuando la cirugía multinivel empieza a realizarse con frecuencia²⁶.

La voluntad del paciente para participar en las metas propuestas y el plan trazado para conseguirlas, son claves en la obtención del mejor resultado posible.

2.10. CIRUGÍA MULTINIVEL EN LA PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL

2.10.1. Definición

*“Es la cirugía que corrige en un solo tiempo quirúrgico, las alteraciones osteoarticulares y los desequilibrios musculares presentes en dos o más segmentos anatómicos, existentes en las extremidades inferiores de los pacientes deambulantes afectados por parálisis cerebral infantil espástica bilateral”*¹⁴⁵.

2.10.2. Antecedentes

Dos escenarios frecuentes y que recibieron el calificativo de síndromes, fueron descritos por Rang para exponer lo que ocurría en estos pacientes¹⁴⁶. El primero, “el síndrome del cumpleaños en el hospital”, hacía mención a los frecuentes ingresos hospitalarios que estos pacientes requerían por la repetición de cirugías ortopédicas. El segundo, “el síndrome de la zambullida”, describía la secuencia de patrones de la marcha, que se observaban tras actuar a un solo nivel desde distal a proximal de manera consecutiva y que asemejaba las posturas que se adoptan al sumergirse tirándose de cabeza. Primero, el equino inicial se trataba a temprana edad con el alargamiento del tendón de Aquiles, lo que debilitaba el control que el sóleo ejerce en la tibia para evitar su adelantamiento durante la fase de apoyo unipodal. El flexo de rodillas que aparecía posteriormente, era abordado quirúrgicamente cerca de la pubertad con el alargamiento de los isquiosurales, sin tener en cuenta la función que éstos tienen como extensores de la cadera. En consecuencia, el predominio de los flexores de cadera, favorece la flexión del tronco.

Norlin describió por primera vez la realización en un único acto quirúrgico del tratamiento en cadera, rodilla, tobillo y pie en pacientes dipléjicos¹⁴⁷.

Nene afianzó después el concepto de la cirugía multinivel en un solo evento, en inglés “Single Event Multilevel Surgery”. El autor incluyó un índice, el “Physiological Cost Index” como herramienta de evaluación de resultados¹⁴⁸. Este valor se calcula tras 5 minutos de deambulación, hallando el cociente existente entre la diferencia de frecuencia cardíaca al final de ese periodo con respecto a la que existe en reposo, dividido por la velocidad al caminar. El dato resultante constituye un valor indirecto del gasto energético realizado con la marcha. La mejoría obtenida en este índice, apoyaba la realización de la cirugía.

La aplicación del análisis del movimiento para los trastornos de la deambulación en la parálisis cerebral infantil se desarrolló desde la segunda mitad de la década de los ochenta, en centros de Estados Unidos e Inglaterra. Sutherland, Perry y Gage, establecieron los principios de la evaluación cuantitativa de la deambulación en los tres planos del espacio y su aplicación en ésta alteración neuromuscular^{66 149}.

Gracias a estos estudios se describió la repercusión biomecánica que tienen la anteversión femoral o la torsión tibial externa excesiva. Su corrección con el empleo de osteosíntesis estable es, desde hace más de 20 años, parte indispensable de la filosofía de la cirugía multinivel²⁶.

Las mejorías tras el tratamiento han sido objetivadas de manera cuantitativa mediante el análisis cinemático y de manera semicuantitativa mediante escalas funcionales. El impacto favorable en la calidad de vida del paciente, ha sido recogido en distintas series utilizando como instrumentos de medición los cuestionarios PODCI (Pediatric Outcomes Data Collection Instrument) y el Health-Related Quality of Life^{12 150}.

2.10.3. Conceptos clave

Los objetivos del tratamiento son ³²:

- 1- Corregir la limitación en el rango de movimiento actuando en el componente biarticular responsable de la deformidad.
- 2- Preservar potencia y función propulsora del iliopsoas, gastrocnemios e isquiosurales ³³.
- 3- Respetar el tejido muscular seccionando la aponeurosis que la recubre o actuando en la porción intramuscular del tendón.

En grupos musculares biarticulares como los gastrocnemios, el semimembranoso o el bíceps crural, la sección de su aponeurosis alarga la unidad músculo-tendón. La sección de la porción intramuscular del tendón facilita el deslizamiento del tendón dentro del músculo, aumentando la longitud que tienen como conjunto la unidad músculo-tendón del tibial posterior, en el gracilis, o en el semitendinoso ^{151 152}.

- 4- Restablecer la longitud del brazo de palanca osteoarticular normal, corrigiendo las alteraciones del plano transversal, frontal y sagital, en pie, tibia y fémur. Ello permitirá restaurar los momentos de fuerza articulares.
- 5- Usar como metodología una lista que diferencie los problemas primarios, que son los detectados en la exploración física, de los problemas secundarios, causados indirectamente por los anteriores. Los mecanismos de compensación de ambos, denominados problemas terciarios, también deben señalarse aparte ⁶⁰. El análisis observacional previo en los dos periodos del ciclo de marcha, por articulaciones y planos, aporta una información preliminar útil. Escalas como la Physician Rating Scale, la Observacional de Edimburgo o la del Rancho de los Amigos, permiten evaluar la deambulación. Sin embargo, es con el análisis instrumentado de la marcha como mejor se toma la decisión de realizar la cirugía en psoas, en isquiosurales, en el recto anterior o la corrección del plano transversal óseo ^{65 93}.
- 6- Disminuir el riesgo de recidivas. Una vez ha madurado el patrón de marcha, a los 7 años de edad, puede existir una recidiva de las deformidades corregidas tras la cirugía. La espasticidad y su impacto en la marcha favorecen la reaparición de las alteraciones torsionales y las contracturas intervenidas. Si la corrección del brazo de palanca se realizan por debajo de 10 años, aumenta la probabilidad de tener que repetir las osteotomías desrotatorias antes de llegar a la madurez esquelética ¹⁵³.

La fisioterapia, el tratamiento de la hipertonia focal con toxina botulínica o global con el baclofen intratecal u oral y el uso de ortesis siguen siendo necesarios. Es conveniente que estas últimas estén ajustadas biomecánicamente, siguiendo el principio de aproximar los vectores de reacción hacia el centro de la articulación de la rodilla y de la cadera ¹⁵⁴.

2.10.4. Factores condicionantes del resultado.

Graham, Thomason y Novacheck establecieron los diez factores que con más probabilidad pueden condicionar en el resultado ³⁴:

- 1- Planificación basada en la llamada "matriz diagnóstica" ¹⁵⁵.
Por ella se entiende el conjunto de información relevante que para la toma de decisiones, aporta los elementos utilizados en la evaluación del paciente.

- 2- Preparación, información y educación del paciente y la familia.
- 3- Para optimizar los tiempos quirúrgicos y sus resultados, la cirugía debe ser realizada por dos cirujanos y dos asistentes con un adecuado nivel de experiencia y destreza.
- 4- Cuidados perioperatorios óptimos, incluyendo el manejo del dolor con anestesia epidural.
- 5- Rehabilitación planificada y supervisada ¹⁵⁶.
- 6- Prescripción y uso adecuado de ortesis ¹⁵⁷.
- 7- Monitorización cercana de la recuperación funcional.
- 8- Análisis de resultados tras la cirugía, mediante análisis del movimiento al año y evaluación funcional a los 24 meses.
- 9- Evaluar la retirada de material de osteosíntesis y aprovecharlo para realizar otras cirugías, habitualmente menores, que demanden en ese momento la situación del paciente.
- 10- Seguimiento hasta la madurez esquelética, para detectar y tratar nuevas deformidades.

Para estos autores el momento óptimo de la cirugía se encuentra pasados los 10 años, en torno a la pubertad.

Hacerlo antes, invita a la recidiva de las deformidades y hacerlo pasada la madurez esquelética, implica una rehabilitación más costosa.

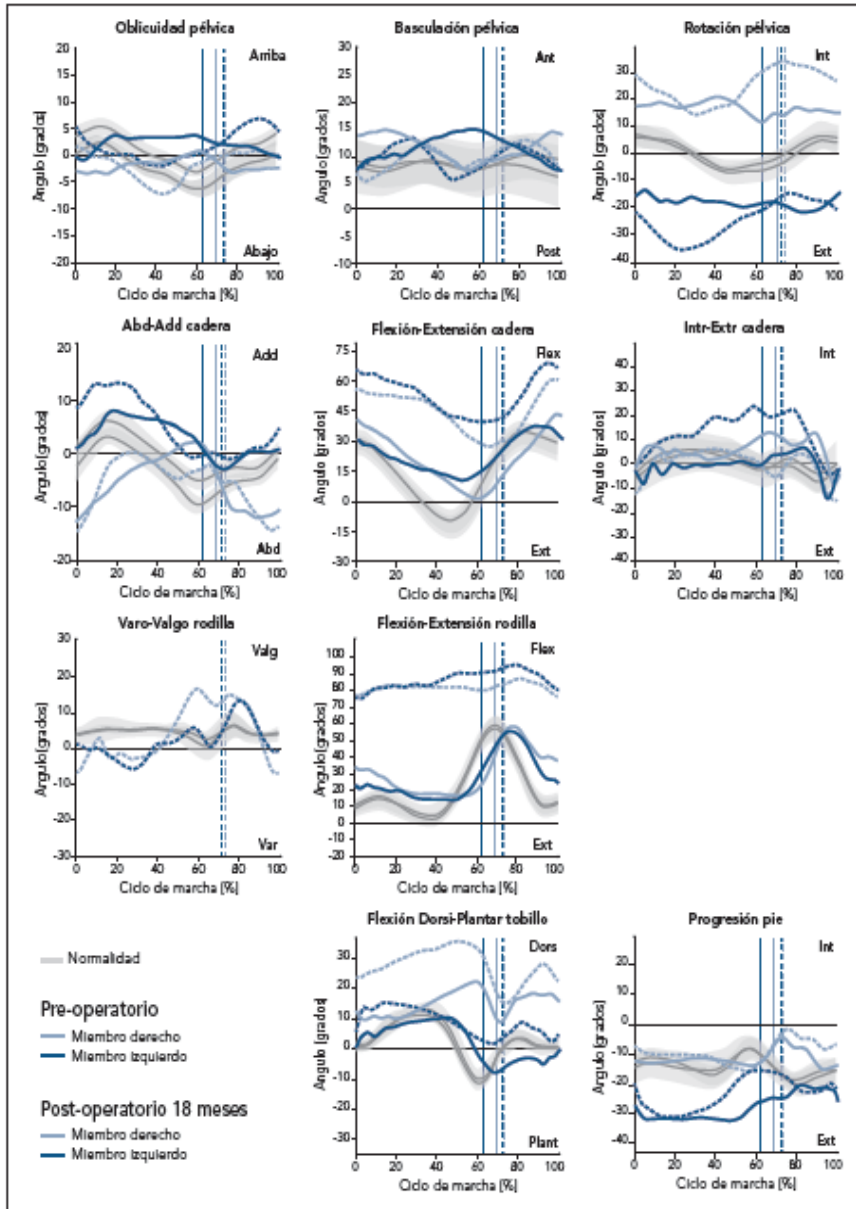


Figura 22. Diferencias post-tratamiento en uno de los pacientes intervinos en el centro tras 18 meses de seguimiento. El trazado discontinuo recoge el movimiento antes de la cirugía y el continuo después de la misma. Los cambios encontrados son mayores en el plano sagital en rodilla, tobillo y cadera.

2.12. EL CONCEPTO DE MATRIZ DIAGNÓSTICA Y LA TOMA DE DECISIONES.

Davids propuso usar como paradigma de manejo en la toma de decisiones, la evaluación conjunta de 5 fuentes de información ¹⁵⁵. La historia clínica, la exploración física, las pruebas de imagen, el análisis instrumentado del movimiento, la valoración funcional del paciente y una nueva exploración física realizada bajo anestesia general permiten la evaluación más completa. El conjunto de todas ellas recibió el nombre de matriz diagnóstica. Para agilizar este proceso facilita el considerar una serie de referencias en cada uno de estos componentes.

2.11.1. La historia clínica

Los antecedentes de prematuridad y de bajo peso al nacer, frecuentes en el contexto de embarazos múltiples, se asocian a leucomalacia periventricular^{23 23}. La manifestación clínica de esta lesión es la espasticidad, con la afectación de los tractos piramidales y en la resonancia magnética se detecta con facilidad.

La afectación más profunda cercana a los núcleos extrapiramidales se asociada a disfonía y atetosis, y existe el antecedente con frecuencia de kernícterus o ictericia neonatal³³.

Ha de indagarse la existencia de las distintas formas de epilepsia, debido al déficit de atención que puede producirse durante el ajuste de la medicación anticomicial o por la alteración de la coagulación que produce el ácido valproico¹⁵⁸.

Debido a la existencia de mutaciones en los que no existen antecedentes, el diagnóstico diferencial con la paraparesia espástica familiar, no siempre resulta fácil¹⁵⁹. La mayor debilidad distal y las compensaciones que para adelantar el paso se ven obligados a realizar con el tronco estos pacientes, son características.

2.11.2. La exploración física

La metódica de la exploración en el paciente con parálisis cerebral infantil debe tener presente no solo las consecuencias que la lesión cerebral causa sobre el esqueleto en crecimiento, sino también las alteraciones de deterioro intelectual o neurológicas asociadas¹⁶⁰. Se deben evaluar:

1º Aspectos cognitivos, neurológicos, sensoriales, volitivos del paciente y socio-culturales en la familia.

Alteraciones de la visión o problemas conductuales pueden alterar la marcha. El grado de cooperación y la voluntad de recuperarse por parte del paciente, se ha descrito como el factor más determinante en el resultado del tratamiento.

La aportación del entorno que rodea al paciente, es necesaria para obtener el mejor de los resultados posibles. Es imperativo aclarar la disponibilidad para realizar un tratamiento prolongado que demanda tiempo y dedicación.

2º El rango de movimiento articular pasivo y activo.

La resistencia a alcanzar el rango de movilidad normal aumenta durante el crecimiento. El balance entre antagonistas explicará la deformidad articular existente.

Describirla, localizarla en el segmento anatómicamente y comprobar que sea reductible, es parte del examen físico.

3º La musculatura biarticular.

La pérdida de movimiento que se debe a la musculatura en cuya longitud se incluyen dos articulaciones, se descarta mediante maniobras específicas. En el tobillo el signo de Silfverskiold, sirve para diferenciar la contractura del gastrocnemio de la del sóleo. En la rodilla, el de Duncan-Ely permite detectar la contractura del recto anterior, el test de Phelps la del gracilis y el ángulo poplíteo sospechar si los isquiosurales están acortados. En la cadera el signo de Thomas informa si el músculo psoas presenta acortamiento. Con la maniobra del ángulo poplíteo corregido, demostramos la influencia que tiene la inclinación anterior de la pelvis en la flexión aumentada de rodilla. Si los isquiosurales no están cortos, tras haber anulado la lordosis lumbar con la flexión de la cadera y rodilla contralaterales, mejoraremos la extensión de la rodilla más de 20º en la maniobra del ángulo poplíteo. La interpretación de este hecho se basa en que el aumento de la inclinación anterior de la pelvis influencia la posibilidad de extender la rodilla. Se produce el aumento en la inclinación anterior de la pelvis, por la espasticidad o acortamiento

del músculo iliopsoas y del recto anterior, o por la insuficiencia de los extensores de la pelvis, como los abdominales o glúteo mayor.

Es de señalar como la exploración clínica puede ser poco específica y que se encuentra sujeta a la variabilidad inter- e intra-observador.

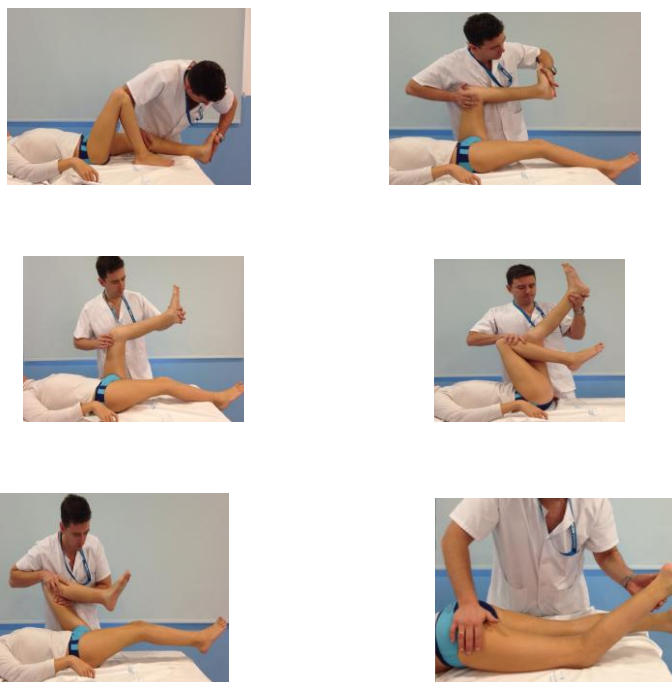


Figura 22. Signos habituales de exploración para la musculatura biarticular.

-Primera fila: *Test de Silfverskiöld:* en él la flexión de la rodilla anula el papel de los gastrocnemios en el equino, por lo que llegar a la dorsiflexión del tobillo tras flexionarla implica que el sóleo no está acortado.

-Segunda fila: *Test de ángulo poplíteo y ángulo poplíteo corregido:* para el primero desde la flexión de 90° de cadera, se estira la rodilla midiendo el ángulo que forma la pierna con la vertical. Para el segundo, tras anular la lordosis lumbar, se aprecia un incremento mayor de 20° de extensión en la rodilla, lo que descarta la existencia de isquiosurales acortados. En estos casos la antepulsión pélvica, causada por la contractura de los flexores de cadera o por insuficiencia del glúteo mayor o de los abdominales, tiene influencia en la rodilla.

-Tercera fila: *Test de Thomas:*

La flexión de cadera contralateral anula la lordosis lumbar y la cara posterior del muslo en el lado explorado no llega a contactar con la camilla.

Test de Duncan Ely:

En decúbito prono la flexión pasiva de la rodilla eleva la pelvis.

Tabla 1. Protocolo de exploración del laboratorio de análisis del movimiento.

El balance articular de movimiento pasivo, la espasticidad y la fuerza, se complementan con la exploración del control motor selectivo y el perfil rotacional óseo.

BAP	D	I	ESPASTICIDAD	D	I	FUERZA	D	I
CADERA			CADERA			CADERA		
FLEXIÓN			EXTENSORES			EXTENSIÓN		
EXTENSIÓN			Comentarios			Comentarios		
Thomas Test			FLEXORES			FLEXIÓN		
Staheli Test			Comentarios			Comentarios		
ADD			ABD			ADD		
ABD			Comentarios			Comentarios		
cadera90-rodilla90			cadera90-rodilla90			ABD		
cadera00-rodilla90 ADD.			cadera00-rodilla90 ADD			Comentarios		
ROTACIÓN INTERNA			Phelps Test			ROTACIÓN INTERNA		
prono/supino			Comentarios			ROTACIÓN EXTERNA		
ROTACIÓN EXTERNA						Comentarios		
prono/supino								
RODILLA			RODILLA			RODILLA		
EXTENSIÓN			Duncan-Ely (rápido)			EXTENSIÓN		
FLEXIÓN			ISQUIOSURALES			Comentarios		
ANG. POPLÚTEO			Comentarios			FLEXIÓN		
ANG. POPL. CORR.						Comentarios		
Duncan-Ely Test (despacio)						SLR Test		
TOBILLO			TOBILLO			Comentarios		
DORSIFLEXIÓN			TRICEPS SURAL			TOBILLO		
Rodilla 90			Rodilla 90			DORSIFLEXIÓN		
Rodilla 00			Rodilla 00			Comentarios		
FLEXIÓN PLANTAR			INVERSORES			FLEXIÓN PLANTAR		
INVERSIÓN			Comentarios			Comentarios		
EVERSIÓN						INVERSIÓN		
			HALLUX VALGUS			Comentarios		
MEDIDAS ANTROP.			ANTEVERSIÓN FEMORAL			EVERSIÓN		
Dist EIAS			LAXITUD LIG. RODILLA			Comentarios		
Profundidad pelvis.			EJE BIMALEOLAR			ABDOMINALES		
Dist. INTERCONDILEA			Long. MI. APARENTE.			ERECTORES ESPINALES		
Dist. INTERMALEOLAR			DEFORMIDADES DEL PIE			Comentarios		
Long. MI.			ANG. MUSLO-PIE					

4º La fuerza y el control motor selectivo presente al realizarla.

Los pacientes afectados por la parálisis cerebral infantil presentan además de movimientos con contracción simultánea, debilidad muscular por lo que se necesita una evaluación previa a la cirugía de alargamiento de la unidad músculo-tendón 161 162. La escala de Kendall registra de una manera semicuantitativa la fuerza y en ella el valor máximo de 5, conlleva que el grupo muscular explorado vence la resistencia del explorador 163. La medición instrumentada de modo cuantitativo con dinamómetro de mano, está menos sujeta a la variabilidad interobservador, pero su falta de disponibilidad explica la falta de generalización de su uso ¹⁶⁴.

Se debe elegir explorar la fuerza de aquellos músculos más importante para la deambulación como:

- Los propulsores. Gastrocnemios, psoas e isquiosurales.
- Los antigravitatorios. Sóleo, cuádriceps y glúteo mayor .
- Los estabilizadores. Glúteo medio y aductores .

La medición del control motor selectivo en cada grupo muscular se realiza también de manera semicuantitativa ¹⁶⁰. La presencia de contracciones sinérgicas simultáneas hace que la acción y fuerza muscular solicitadas resulten ineficaces. El valor 0 se registra cuando todo el movimiento solicitado se

realiza en varias articulaciones a la vez, mientras que el 1 se anota cuando éste aparece parcialmente separado del resto de movimientos y el 2 cuando lo hace de manera totalmente diferenciada.

El signo de la confusión es la prueba que con más frecuencia empleamos para determinar la calidad del control motor nivel de tobillo ¹⁶⁰. En él, la dorsiflexión en supinación aparece espontáneamente cuando al paciente en sedestación se le pide que flexione la cadera contra resistencia. De esta manera se puede afirmar al menos, que el paciente tiene actividad en el músculo tibial anterior.

5º La espasticidad e hipertonía.

La valoración indirecta o semicuantitativa de espasticidad se realiza mediante la escala de Asworth modificada que valora sobre 4 la resistencia al movimiento pasivo ¹⁶⁵. También se evalúa mediante la de Tardieu ¹⁶⁶. En esta última examina el rango de movimiento pasivo tras realizar el estiramiento rápido y el que aparece tras el estiramiento lento. Cuanto mayor sea la diferencia entre los dos, mayor importancia tendrá la espasticidad como causa de la deformidad. Por el contrario, si ésta disminuye es la proliferación de tejido conectivo la principal responsable de la misma.

Como evaluación de la espasticidad en el gastrocnemio, se puede evaluar tanto la intensidad como la duración del clonus.

La Hypertonia Assessment Tool (HAT) es una escala diseñada para distinguir entre espasticidad, rigidez y distonía ¹⁶⁷. La detección de esta última es muy importante, porque si el paciente la padece, los resultados de la cirugía son menos predecibles.

6º La disfunción del brazo de palanca.

La mala alineación osteoarticular hace que el músculo no pueda desarrollar eficazmente su acción y ésta ocurre con:

-Alteraciones torsionales óseas.

Para detectar estas anomalías presentes en el plano transversal, se aconseja la exploración con el paciente en decúbito prono y la rodilla flexionada a 90 grados ¹⁶⁰.

Se calcula en esta posición la anteversión femoral y la torsión tibial externa.

La primera se obtiene al medir el ángulo que forma una línea imaginaria vertical con el eje de la pierna en el momento en el que rotando la cadera, se palpa el trocánter mayor de manera más prominente.

La torsión tibial se evalúa tras colocar el talón en neutro y medir el ángulo que forman el eje presente en la planta del pie con el eje del muslo.

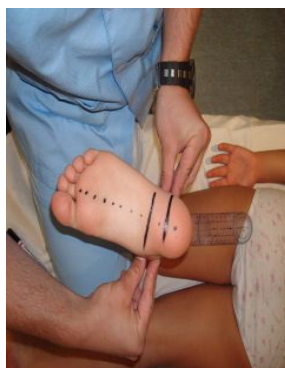


Figura 23. En decúbito prono el ángulo muslo-pie ofrece los grados de torsión tibial.

-Alteraciones del apoyo plantar.

La inestabilidad en la carga de las articulaciones del tobillo y retropié, tienen implicaciones en la posición de los segmentos anatómicos proximales, especialmente en la rodilla.

La colocación del talón en valgo y la pérdida del arco plantar, implican la flexión plantar del astrágalo lo que arrastra hacia delante y hacia la rotación interna la tibia.

La disminución de la supinación normal en el mediopié durante la segunda mitad del periodo de apoyo, impide que el pie ofrezca un fulcro estable a la acción flexora plantar del tobillo.

7º La diferencia en longitud de miembros inferiores y la presencia de oblicuidad pélvica o de escoliosis.

La discrepancia en la longitud de los miembros inferiores, puede condicionar patrones asimétricos en la marcha ¹⁶⁸. Para nivelar la pelvis, el lado más largo evoluciona a flexión de rodilla y el más corto a equino de tobillo. De igual manera, la oblicuidad pélvica encontrada en decúbito supino, genera una pseudo-discrepancia de longitud, apareciendo deformidades similares en el lado que aparenta ser más largo y en el que simula ser más corto.

Como causas de la oblicuidad conviene diferenciar los problemas de origen suprapélvico, de los de origen infrapélvico ¹⁶⁹. Dentro de estos últimos, aparecen la contracturas en el lado ascendido del psoas, de los aductores, junto con la displasia de cadera espástica. En el lado descendido la contractura de los abductores de cadera, pueden tener un papel patogénico.

En los pacientes con afectación asimétrica, la deformidad rígida en equino promueve el ascenso y rotación externa de la pelvis en ese mismo lado, mientras que la marcha en talo de tobillo, facilita el descenso y rotación interna de la pelvis.

8º El control del tronco.

La facultad del paciente para realizar la sedestación sin necesidad de apoyarse en las manos, hace de la bipedestación una meta realista para facilitar las transferencias. En estos casos la cirugía multinivel puede ser necesaria. La disociación de los movimientos entre ambas extremidades inferiores presente en el ganeo heterólogo, permite discriminar a los pacientes nivel GMFCS IV de los niveles funcionalmente superiores ¹⁷⁰. Esta alternancia de actividad entre lados, es característica de control de tronco necesario para la deambulaci3n Perry EMG que reliability

Desplazarse yendo de rodillas con el tronco erguido, implica que no hay flexos de cadera y un buen control de tronco, lo que aumenta la posibilidad de un buen resultado tras la cirugía.

Para un análisis más profundo y como herramienta de evaluaci3n en parálisis cerebral, Heyrman describió una escala de medici3n del control motor de tronco en la que se examina el equilibrio ¹⁷¹.

9º Evaluaci3n de la bipedestaci3n y de la marcha por segmentos anatómicos y planos del espacio.

Antes de iniciar la deambulaci3n se observa desde los planos sagital, frontal y transversal, la colocaci3n de los tobillos, rodillas y espinas iliacas. Si en la postura en bipedestaci3n antes de iniciar la deambulaci3n, las rótulas y los pies se dirigen hacia la línea media o si se desvían hacia fuera de ella, son esperables la persistencia o agravamiento de estas perdidas de alineaci3n.

A modo de listado de comprobaci3n, las cuestiones que uno debe plantear han de diferenciarse por planos, segmentos anatómicos y fases del ciclo de marcha ⁶⁵.

10º Identificar patrones de marcha.

Estandarizamos el uso de la clasificaci3n de Rodda, para describir los patrones más comunes de alteraci3n de la deambulaci3n en la poblaci3n dipléjica. Analizaremos la posici3n de las tres articulaciones mayores de los miembros inferiores, cadera, rodilla y tobillo, junto con la pelvis y el pie, durante el periodo de

apoyo y el oscilante ⁴. Los patrones de equino, equino aparente, salto, marcha agachada y el patrón asimétrico rápidamente nos describen el plano sagital y sirven como orientación diagnóstica y terapéutica.

2.11.3. Evaluación funcional

1- Escala GMFM (*Gross Motor Function Measurement*)

La escala GMFM describe las habilidades motoras no complejas, relacionadas con la deambulación, la bipedestación y la sedestación. Esta herramienta de evaluación de destrezas funcionales, se obtuvo tras analizar una muestra de 650 pacientes pediátricos con diferentes niveles de afectación, en edades comprendidas entre los 5 meses y los 16 años de edad. Russell describió la fiabilidad, validez y sensibilidad de la GMFM-66 para evaluar los trastornos de la deambulación y detectar cambios tras los tratamientos ¹⁷¹. La evaluación se realiza entre 5 y 16 años de edad analizando 88 o 66 ítems, en función del desarrollo motor presente en el niño. Se analizan también habilidades del paciente para voltearse, andar, correr y saltar. Tras la realización de las tareas requeridas se puntúa de 0 a 3. El valor 0 significa que el paciente no inicia la actividad, el 1 que la empieza pero que apenas acaba el 10% de la tarea, el 2 que la completa parcialmente y el 3 que la realiza de manera completa. Aunque la GMFM 88 se ha podido aplicar en pacientes con Síndrome de Down, la GMFM 66, una versión resumida de la anterior, se aplica sobre todo en parálisis cerebral infantil ¹⁷².

Como inconvenientes hay que señalar que no se detectan cambios cualitativos, que depende de la capacidad de comprensión del niño y que no recoge todos los aspectos funcionales de la marcha. El tiempo que tarda en ejecutarse, cerca de una hora, y el nivel de experiencia de la persona que evalúa, son condicionantes para su realización en muchos centros.

2-Clasificación GMFCS (*Gross Motor Function Classification System*)

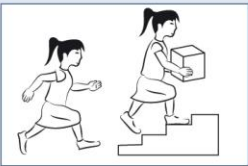
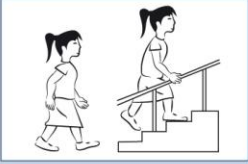

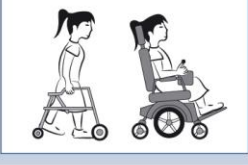

Descrita por Palisano, esta clasificación mide aspectos de la función motora gruesa del paciente. Evalúa como éste realiza la deambulación, describiendo la necesidad que tiene de usar dispositivos de asistencia para desplazarse ²⁹. Fue creada para estratificar a los pacientes en distintas categorías funcionales y no para medir cambios post-tratamiento. Considera además tramos por edades, en el que el primero es de 2 a 4 años, el segundo de 4 a 6 años, de 6 a 12 el tercero y el último de 12 a 18 años.

La versión más actual, revisada en 2007, hace especial énfasis en aspectos de la Clasificación Internacional de la Función y de la Discapacidad como la actividad deportiva adaptada en exteriores ¹⁷⁴.

La escala GMFCS consta de 5 niveles. En el nivel I el paciente anda con escasa limitación, en el II lo hace con alguna necesidad de supervisión, en el III camina con la ayuda de dispositivos de asistencia de apoyo en la mano, en el IV la movilidad se encuentra muy limitada, pudiendo usar silla de ruedas eléctrica y finalmente en el nivel V el paciente es llevado en silla de ruedas manual.

La GMFCS permite establecer objetivos terapéuticos y desarrollar estrategias de prevención y tratamiento de las deformidades ortopédicas. Se considera una herramienta pronóstica, estable a lo largo del tiempo ^{28 29}.

A partir de los 12 años dentro de los niveles III, IV y V, en los ítems del cuestionario GMFM-66 se tiende a perder puntuación, lo que implica un deterioro en la autonomía y calidad de vida del paciente ¹³².

Clasificación GMFCS	
NIVEL I. Camina sin restricciones: tiene limitaciones en habilidades motrices más complejas.	
NIVEL II. Camina sin dispositivos de ayuda: tiene limitaciones para andar en exteriores y en la comunidad.	
NIVEL III. Camina utilizando un dispositivo manual auxiliar de la marcha. Limitado para andar fuera de casa y en la comunidad.	
NIVEL IV. Auto-movilidad limitada, es posible que utilice movilidad motorizada: se le transporta o usa silla de ruedas de autopropulsión en exteriores o en la comunidad.	
NIVEL V. Auto-desplazamiento muy limitado incluso utilizando tecnología autopropulsada.	

Tomado de: Palisano R et al. (Dev Med Child Neurol. 1997; 39: 214-23) y Graham HK. (Dev Med Child Neurol. 2007; 49: 21-3).

Figura 24. Clasificación GMFCS según niveles funcionales de deambulación. (Gross Motor Function Classification System)..

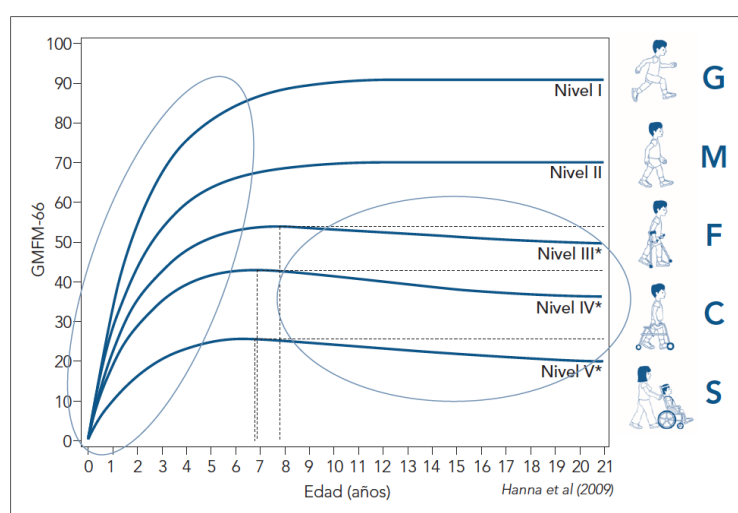


Figura 25. Niveles funcionales referenciados a la puntuación en la escala GMFM 66, según la edad. A la edad de 6 años se estabiliza el nivel funcional. El deterioro asociado con el crecimiento es mayor a partir de los 12 años y en niveles GMFCS III, IV y V.

2- Escala FMS (*Functional Mobility Scale*)

Graham y Harvey diseñaron un método para evaluar la necesidad de asistencia en la deambulación en 5, 50 y 500 metros, como escala complementaria a la GMFCS¹⁷⁵. La Functional Mobility Scale o FMS, es la única que detecta las dependencias que presenta el paciente en tres distancias concretas, que asemejan a las que el paciente encuentra cotidianamente.

Los 5 metros se relacionan con la distancia que se encuentra en su habitación, los 50 con la que existe en el colegio y los 500 metros con la encontrada en un centro comercial.

De 1 a 6 se califica la ayuda requerida en cada una de ellas. El valor 1 se relaciona con el uso de la silla de ruedas, el 2 supone la utilización de un andador, en la puntuación 3 el paciente usa muletas de apoyo antebraquial, en la 4 requiere bastones de apoyo en la mano, en la 5 implica que el paciente como única dependencia, usa la barandilla para subir escaleras y el valor 6 se anota cuando es capaz hacer una actividad normal en todos los entornos.

Opcionalmente en la casilla de 5 metros, se puede señalar con la letra C si hace gateo, “crawling” en inglés, y en la de 500 hacerlo con una N, si el paciente no puede desplazarse ni siquiera en silla de ruedas.

La escala FMS ha demostrado buena fiabilidad interobservador y sensibilidad a los cambios tras la cirugía.

Su estandarización como valoración funcional de los resultados post-tratamiento, la convierte en una herramienta de evaluación de uso preferen







<p>Calificación 3</p> <p>Usa muletas: Sin la ayuda de otra persona.</p> 	<p>Calificación 6</p> <p>Independiente en todas las superficies: No utiliza ninguna ayuda para caminar o no necesita ayuda de otra persona al caminar sobre todas las superficies incluidas en terreno desigual, bosques, etc. y en un abarrotado entorno.</p> 								
<p>Calificación 2</p> <p>Utiliza un caminador o un marco: Sin la ayuda de otra persona.</p> 	<p>Calificación 5</p> <p>Independiente en superficies a nivel: No usa ayuda para caminar o no necesita ayuda de otra persona. * Requiere una barandilla para escaleras.</p> 								
<p>Calificación 1</p> <p>Usa silla de ruedas: Se puede pasar para transferencias, puede dar algunos pasos con apoyo de otra persona o utilizando un Caminador / marco.</p> 	<p>Calificación 4</p> <p>Utilización bastones (uno o dos): Sin la ayuda de otra persona.</p> 								
<p>Calificación C Circulación: Niño circula para la movilidad en el hogar (5 m)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Distancia caminada</th> <th>Calificación: seleccionar un número (de 1-6) que mejor describa la función actual</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5 metros (yardas)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>50 metros (yardas)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>500 metros (yardas)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Distancia caminada	Calificación: seleccionar un número (de 1-6) que mejor describa la función actual	5 metros (yardas)		50 metros (yardas)		500 metros (yardas)	
Distancia caminada	Calificación: seleccionar un número (de 1-6) que mejor describa la función actual								
5 metros (yardas)									
50 metros (yardas)									
500 metros (yardas)									
<p>Calificación N N = no se aplica: Por ejemplo los niños no completan la distancia (500 m).</p>									

Figura 26. Escala FMS (*Functional Mobility Scale*).

En función del tipo de asistencia que se necesite para caminar en 5, 50 y 500 metros, se puntúa del 1 al 6, la dependencia en la deambulación.

4- Cuestionario FAQ (*Functional Assessment Questionnaire*)

Novacheck y Stout describieron 10 niveles funcionales de deambulación que mostraban una buena correlación con otras escalas de evaluación funcional, eran sensibles a los cambios post-tratamiento y se correlacionaban con distintos índices de valoración global de la marcha¹⁷⁶.

Tras realizar un cuestionario a los familiares o cuidadores, la habilidad para caminar se clasifica en uno de los niveles recogidos en la tabla 2. Las preguntas forman parte de otro cuestionario más amplio, en el que se incluyen otros 22 ítems funcionales aplicados a la marcha.

Desde el nivel 1, que supone el no caminar nada, al nivel 10, que implica hacerlo sin problemas, se pregunta sobre la deambulaci3n que realiza durante la fisioterapia, la que hace dentro y fuera de casa y aspectos como caminar en terreno irregular o la capacidad para subir bordillos.

Los niveles 2 y 3 recogen una capacidad de deambulaci3n dom3stica que no es funcional y corresponderían al nivel GMFCS IV. Los niveles 4, 5 y 6, que incluyen la capacidad para caminar en casa y en el entorno escolar, se relacionan con el nivel GMFCS III, mientras que el 7 y el 9, con posibilidad de caminar en exteriores lo hacen con el nivel GMFCS II. Dentro del nivel escogido se puede especificar si usa alg3n tipo de ortesis y dispositivo de asistencia.

En algunos centros el nivel m3nimo para realizar un an3lisis del movimiento es el 4, donde en el que el paciente camina en casa pero lentamente ¹².

Tabla 2. Cuestionario de evaluaci3n funcional de deambulaci3n FAQ.
(Functional Ambulatory Questionnaire)

CUESTIONARIO DE EVALUACI3N FUNCIONAL DE LA DEAMBULACI3N Los 10 niveles funcionales de deambulaci3n [F.A.Q. (FUNCTIONAL ASSESSMENT QUESTIONNAIRE)]	
Novacheck T, Stout J, Tervo R. J Pediatr Orthop. 2000; 20: 75-81.	
Escoger dentro de estas diez posibilidades, la que mejor describa la situaci3n funcional que muestra el paciente para caminar. Mencionar el tipo de ayuda externa que normalmente utiliza, si la requiriera.	
1. No puede caminar de ninguna manera. 2. Puede dar algunos pasos con la ayuda de otra persona. Necesita ayuda para soportar completamente el peso sobre sus pies. No camina regularmente. 3. Camina cuando hace ejercicio en fisioterapia y/o escasamente dentro casa. 4. Camina distancias de las que habitualmente se hacen en casa, pero lentamente. No camina dentro de ella regularmente. Camina sobre todo en fisioterapia. 5. Camina m3s de 5-15 metros dentro de la casa y/o colegio. Solo lo hace en esos interiores. 6. Camina m3s de 5-15 metros fuera de la casa, pero generalmente utiliza silla de ruedas o similar para las distancias m3s habituales o en 3reas concurridas. 7. Camina fuera de casa en las distancias habituales, pero solo en superficies planas. No puede subir bordillos, caminar en terreno irregular, o subir escaleras sin la ayuda de otra persona.	8. Camina fuera de casa para las distancias m3s habituales. Es capaz de subir bordillos y andar por terreno irregular, adem3s de hacerlo por terreno llano, pero normalmente necesita una ayuda o supervisi3n m3nima por seguridad. 9. Camina fuera de casa para las distancias m3s habituales. Lo hace f3cilmente en terreno llano, sube bordillos, y terreno irregular pero tiene dificultad o necesita ayuda m3nima o supervisi3n cuando corre, sube cuestas y/o usa escaleras. Presenta cierta dificultad para mantenerse al mismo ritmo de actividad de los compaÑeros. 10. Camina, corre y asciende en terreno plano e irregular. Sube y baja escaleras sin dificultad o ayuda. Es característico que sea capaz de mantenerse al ritmo de actividad de los compaÑeros. En el nivel marcado, de necesitarlo, ponga un c3rculo en el dispositivo que normalmente usa para caminar y de hacerlo solo en un lado, indique cu3l es. – Ortesis tobillo-pie (tipo) – Muletas – Andador (tipo)

2.11.4. Estudio de imagen

Las pruebas de imagen que registran que pueden condicionar la toma de decisiones son:

- Las radiografías en carga de ambos pies con proyecciones anteroposterior y lateral.

La medición de ángulo de Meary, la subluxación astrágalo-escafoidea, la divergencia talo-calcánea o el acortamiento de la columna externa, son analizados de manera rutinaria¹⁷⁷.

-La radiografía en carga anteroposterior de tobillo.

En casos de valgo de talón descarta si éste se debe a la articulación tibiotalar.

- Radiografía anteroposterior y lateral de rodillas.

La evaluación de patela alta se realiza preferentemente por el índice de Koshino, que no está condicionado por de la presencia de cartílago de crecimiento¹⁷⁸.

En pacientes esqueléticamente maduros puede usarse el índice de Insall¹⁷⁹.

El valor de este último, sale tras la obtención de una radiografía lateral de rodilla con una flexión de 30°. El cociente entre la longitud del tendón patelar y la de la patela, debe mostrar un valor superior a 1,5 para considerarse que una patela es alta y el inferior a 0,74, puede diagnosticar que la patela es baja.

En el esqueleto en crecimiento, donde la falta de osificación de la tuberosidad tibial y del polo inferior de la rótula dificultan la medición de las longitudes del tendón y la rótula, el índice de Koshino es el que ha demostrado ser más útil¹⁸⁰.

- Radiografía anteroposterior de pelvis en decúbito supino.

Permite descartar la subluxación cadera o la oblicuidad pélvica, que pueden producir una pseudo-discrepancia de longitud entre miembros inferiores.

- Valorar pedir TAC para anomalías torsionales.

La medición de la anteversión femoral con el test de la máxima prominencia del trocánter mayor, ha sido comparada con el TAC convencional. Davids cuestionó la validez de este signo de exploración clínica tras mostrar los resultados encontrados cuando el TAC se realiza en tres dimensiones. A pesar de ello, la maniobra clínica permanece en la mayoría de los protocolos de evaluación física.

2.11.5. Análisis del movimiento

La comprensión del movimiento normal del tobillo, la rodilla y la cadera durante el ciclo de marcha, representado en las gráficas del plano sagital, facilitan la comprensión del informe cinemático^{65 93}.

En la toma de decisiones se recogen los resultados tras la infiltración con toxina botulínica, han sido utilizados como predictores del alargamiento quirúrgico de los músculos elegidos tal y como expuso Rutz¹⁸³.

La traducción en los mejores resultados funcionales, tras la toma de decisiones basadas en el análisis del movimiento, ha sido demostrada en aspectos tan importantes como el de la corrección de la marcha en rotación interna de cadera¹⁸⁴.

2.11.6. Toma de decisiones.

Como recomendaciones para decidir el plan de tratamiento se aconseja:

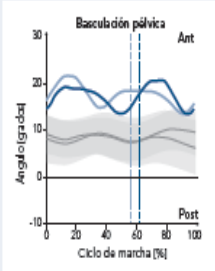
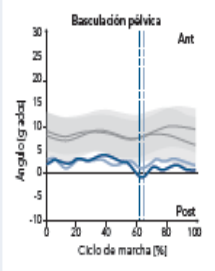
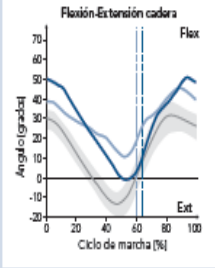
1º Analizar cómo afectan los problemas encontrados en la exploración física a cada uno de los 5 requisitos para realizar una deambulación eficaz.

2º Se debe relacionar estos problemas con el análisis cinemático del plano sagital por segmentos anatómicos, desde el tobillo hacia la pelvis y posteriormente interpretar las gráficas de los planos frontal y transversal.

Como guía de la aplicación de la información que aporta la matriz diagnóstica, se muestran por articulaciones y planos del espacio, las opciones quirúrgicas que habitualmente se plantean en nuestro centro.

Tabla 3.1. Toma de decisiones en el plano sagital-1.

(Azul oscuro: izquierda; azul claro: derecha; gris: normalidad)

Plano sagital	Exploración física	Laboratorio Movimiento	Decisión a valorar
Pelvis	Thomas +	- Antepulsión marcada y doble joroba. 	- Tenotomía psoas intrapélvico y fibras blancas recto proximal.
	Ángulo popliteo superior a 50° que no mejora tras anular lordosis lumbar	- Retropulsión en todo el ciclo de marcha o solo durante el no apoyo. 	- Alargamiento de isquiotibiales y bíceps crural.
Cadera	Thomas +	- Déficit de extensión después de apoyo medio. 	- Tenotomía psoas intrapélvico y fibras blancas de recto proximal.

.../...

Tabla 3.2. Toma de decisiones en el plano sagital-2.

(Azul oscuro: izquierda; azul claro: derecha; gris: normalidad)

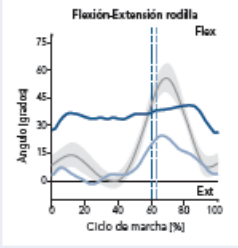
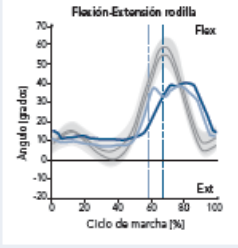
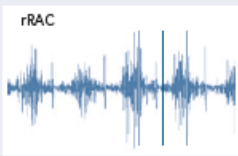
Plano sagital	Exploración física	Laboratorio Movimiento	Decisión a valorar
Rodilla	Flexo fijo de rodilla >10°	- Poco rango de movimiento en flexión. 	- Osteotomía extensora distal de fémur. - Descenso de rótula si: · Patela alta · Insuficiencia extensora > 10° · Osteotomía extensora - Capsulotomía
		- No retropulsión de pelvis en todo el ciclo. - Si retropulsión pelvis en todo el ciclo o solo en fase oscilante.	- Alargamiento de isquiotibiales y bíceps crural y osteotomía extensora distal de fémur.
	Ángulo popliteo mejorado tras corregir lordosis	- Flexo en apoyo medio.	- Tenotomía psoas intrapélvico y fibras blancas recto proximal.
	Ángulo popliteo no mejorado tras corregir lordosis	- Déficit de extensión en contacto inicial. - Flexo en apoyo medio.	- Alargamiento gracilis, ± semimembranoso, ± semitendinoso (valorar bíceps).
	Duncan-Ely +	- Pico de flexión en fase oscilante descendido o retrasado +. - Doble joroba (espasticidad). 	- Transferencia distal de recto anterior en GMFCS II. - Resección distal de recto en niveles GMFCS III, IV o II, si el EMG no se activa solo en no apoyo. - Alargamiento "intramuscular" recto anterior.
		- EMG de recto anterior con actividad en no apoyo. 	

Tabla 3.3. Toma de decisiones en el plano sagital-3.

(Azul oscuro: izquierda; azul claro: derecha; gris: normalidad)

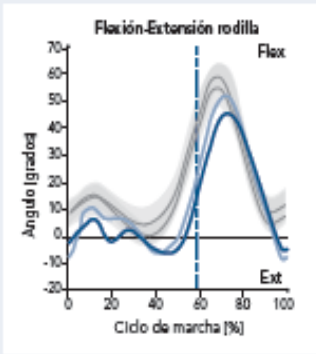
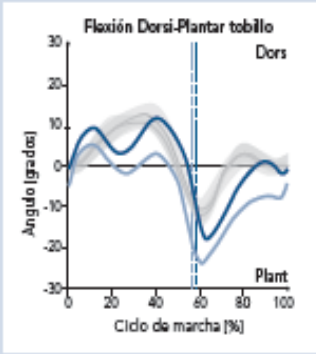
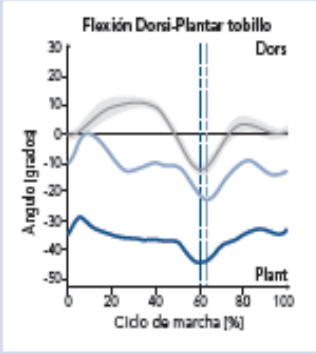
Plano sagital	Exploración física	Laboratorio Movimiento	Decisión a valorar
Rodilla	Recurvatum (Silfverskjöld ¿? Duncan-Ely ¿?)	- Hiperextensión en apoyo medio. 	- Ajuste ortesis y calzado con tacón trapezoidal. - Baumann. - Cirugía recto anterior. - Valorar hiperlordosis y tronco.
Tobillo	Equino Silfverskjöld +	- Doble joroba. - Flexión plantar de tobillo. 	- Baumann. - Strayer.
	Equino Silfverskjöld -	- Flexión plantar de tobillo con poco rango de movimiento. 	- Baumann + fascia de sóleo. - Valorar alargamiento de Aquiles con inmovilización en equino 2 semanas y pasar a neutro después.

Tabla 4. Toma de decisiones en el plano transversal.
(azul oscuro: izquierda; azul claro: derecha; gris: normalidad)

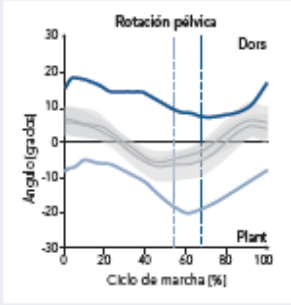
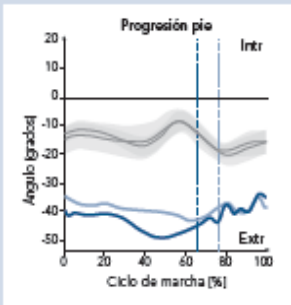
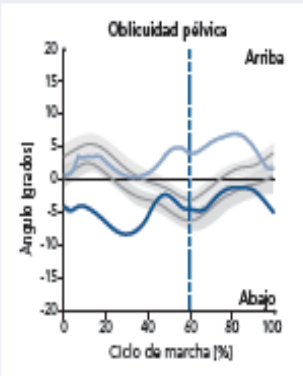
Plano transversal	Exploración física	Laboratorio Movimiento	Decisión a valorar
Pelvis	Rotación externa de hemi-pelvis (causas: equino ipsilateral, anteversión femoral contralateral, discrepancia o pseudo-discrepancia de longitud-lado largo ipsilateral).	<ul style="list-style-type: none"> - Rotación externa en apoyo flexión plantar en contacto inicial. - Rotación externa con aumento de rotación interna fémur ipsilateral. - Patrón de salto asimétrico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alargamiento flexores plantares. - Osteotomía desrotatoria si anteversión aumentada ipsilateral. - Corrección de salto (equino ± flexo de rodilla y cadera).
	Rotación interna de hemi-pelvis (contractura aductores, anteversión contralateral, discrepancia o pseudo-discrepancia de longitud-lado corto)	<ul style="list-style-type: none"> - Rotación interna hemipelvis con aumento de aducción ipsilateral. - Rotación fémur contralateral. - Patrón de marcha agachada asimétrico ipsilateral. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tentomía aductor largo. - Osteotomía desrotatoria si anteversión aumentada contralateral. - Corrección marcha agachada.
Fémur	Anteversión femoral $\geq 40^\circ$ Retroversión	<ul style="list-style-type: none"> - Rotación interna fémur aumentada. - Rotación externa aumentada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Osteotomía desrotatoria. - Osteotomía desrotatoria.
Tibia	Torsión tibial intema	- Intratorsión en gráficas de rodilla.	- Osteotomía desrotatoria si tropiezos.
	Torsión tibial externa $\geq 20^\circ$	- Extratorsión en gráficas de rodilla.	- Osteotomía desrotatoria, si tropiezos o rodilla en flexión asociada.
Tobillo-pie	Intratorsión por pie equino y equino varo	<ul style="list-style-type: none"> - Flexión plantar tobillo e intratorsión. - EMG de tibial anterior y valorar tibial posterior. 	- Cirugía flexores plantares + Frost + hemitransplante tibial anterior + retensado tibial posterior.
	Extratorsión por valgo talón, plano y abducto antepié	<ul style="list-style-type: none"> - Extratorsión frecuente en tibia y pie. - Asociación con patrón marcha agachada. 	- Osteotomía de Mosca, endortesis, en seno de tarso, descenso de primer radio.

Tabla 5. Toma de decisiones en el plano frontal.

(azul oscuro: izquierda; azul claro: derecha; gris: normalidad)

Plano frontal	Exploración física	Laboratorio Movimiento	Decisión a valorar
Pelvis	Oblicuidad pélvica (causas suprapélvicas/ infrapélvicas) Discrepancia o pseudo-discrepancia de longitud.	- Gráfica con lados a diferente altura. 	- Tratamiento de escoliosis. - En lado ascendido corrección de subluxación cadera o tenotomía aductores. - En lado descendido tenotomía aductores. - Corregir discrepancia de longitud (alza, cirugía).
Cadera	Contractura abductores Discrepancia o pseudo-discrepancia de longitud. Contractura aductores	- Gráfica en abducción fija. - Si abducción en fase oscilante, mecanismo de compensación. - Ver si patrón de salto en lado largo. - Gráficas add. fijas en lado corto. - Ver patrón de marcha agachada en lado corto.	- Liberación tensor fascia lata (Ober +). - Corregir patrón de salto. - Alza en lado corto. - Corregir disminución de altura del pie respecto al suelo en fase oscilante (equino, flexo de rodilla en extensión). - Tenotomía aductor. - Corregir patrón de marcha agachada.
Rodilla	Varo//valgo Pseudo-valgo Pseudo-varo	- Pseudo-valgo si rotación interna muy aumentada en fémur y torsión tibial externa en rodilla, con gráficas de varo-valgo normales. - Pseudo-varo si gráfica de rotación externa de fémur y torsión tibial interna de tibia.	- Corrección de anomalías reales con hemi-episiodesis medial en valgo y lateral en varo en fémur distal o tibia proximal. Si fisis de crecimiento. Si no hay fisis, osteotomías. - Fisioterapia de contracturas o corrección de anomalías torsionales.

2.12. LA REHABILITACIÓN Y CUIDADOS ORTÉSICOS ASOCIADOS A LA CIRUGÍA MULTINIVEL

Detrás de la mejoría cinemática, objetivada a partir del año de la cirugía, existe un trabajo de fisioterapia y ajuste ortésico. Las mejorías funcionales aparecen tarde, a los 2 años de la intervención, por lo que hay persistir en la adquisición de habilidades en la marcha.

Las series publicadas más recientemente, apenas incluyen programas de rehabilitación protocolizados que sirvan de guía clara en cuanto a duración, intensidad y calendario de fisioterapia ^{186 187 188}.

Como guía para la rehabilitación en nuestro centro se sigue un calendario de recuperación funcional para pacientes GMFCS II como sigue ¹⁵⁶:

1º Planificación pre-operatoria.

Para contar con la complicidad del paciente y de la familia, es necesario informar de los objetivos de la cirugía, del calendario de rehabilitación y de la necesidad de usar ortesis de reacción tobillo-pie. Tanto la cirugía como la rehabilitación prolongada y el uso de ese tipo de ortesis, han sido aducidos como motivo de rechazo del plan propuesto. Es aconsejable explicar el manejo del dolor post-quirúrgico con analgesia epidural durante 3-4 días y contar a los padres, cómo prevenir y tratar las posibles complicaciones.

Los programas para perder peso y aumentar la fuerza en las extremidades antes de la cirugía, facilitan una recuperación más rápida.

2º Estancia Hospitalaria.

Tras la intervención, el paciente permanece la primera noche en reanimación para un mejor seguimiento del tanto del dolor como de las pérdidas hemáticas asociadas a las osteotomías. Los yesos suropédicos pueden dejarse abiertos en los casos en los que la magnitud de la cirugía en la zona lo aconseje. Si existe dolor no manejado con la farmacología, o si el flexo previo de rodillas se acerca a los 30º, pueden aflojarse los velcros de los inmovilizadores de rodilla.

Tras la retirada de drenajes al segundo día, se inicia de manera pasiva la movilización de rodilla hasta una flexión de 30º, evitando que este gesto resulte doloroso.



Figura 27. Inmovilizadores de rodilla y yesos suropédicos como habitual inmovilización post-quirúrgica. La colocación en abducción de las extremidades es necesaria tras la tenotomía de los aductores

3º Semanas 1ª a 4ª tras la cirugía.

Ya en el domicilio se recomienda además de la movilización de rodilla, realizar flexión de cadera contra resistencia junto con ejercicios isométricos de cuádriceps y de extensores de cadera. Es aconsejable colocar al paciente en la postura en decúbito prono media hora, dos veces al día.

4º Desde la 4ª a la 6ª semana.

En este momento tras el cambio de yesos con la toma de moldes de las ortesis de reacción, preferentemente con el paciente sedado, se inicia la bipedestación en el plano.

Previamente las radiografías de control han de mostrar el inicio de la consolidación de las osteotomías, lo que unido a la estabilidad del montaje, hace posible el paciente puede iniciar la carga.

El control de la postura en bipedestación, se inicia durante el ingreso y bajo la tutela del fisioterapeuta con los inmovilizadores colocados en las paralelas. Puede utilizarse un espejo para que el paciente controle la alineación de las cinturas escapular, pelviana y del tronco.

La potenciación de los músculos antigravitatorios como el cuádriceps y el glúteo mayor y de los estabilizadores de la pelvis, como el glúteo medio, es constante.

Ha de valorarse también la corrección de la lordosis lumbar mediante un corsé.

El inicio de la deambulación en paralelas con yesos suropédicos puede realizarse en los pacientes menos afectados.

5º Desde la 6ª a la 12ª semana.

Tras la retirada de los yesos, la sustitución por las ortesis tobillo-pie necesita un periodo de ajuste. Se requiere que el pie y al tobillo se adapten bien y se ha de buscar colocar la pierna con una posición en dorsiflexión de tobillo no mayor de 5º, para controlar la posición del vector de reacción del peso del cuerpo.

Comienza en este periodo la deambulación en paralelas, el uso de andador posterior, muletas, y si es factible, el uso de tapiz rodante.

7º Desde la semana 13ª al 6º mes:

En los niveles GMFCS II, la independencia de los dispositivos de asistencia y subir escaleras, es uno de los objetivos.

La mayoría de los pacientes pueden ir al colegio durante este periodo.

8º Desde el 6º mes al año.

En este periodo, Thomason hace especial énfasis en evitar el desgaste psicológico y enfatizar la adquisición de fuerza e independencia funcional en el paciente¹⁸⁸. En aquellos que tengan un aparato extensor de rodilla fuerte, se puede intentar retirar gradualmente las ortesis tobillo-pie.

La asistencia a fisioterapia se puede cambiar por la participación en actividades físicas en exteriores con la familia. Los adolescentes pueden ir a un gimnasio y realizar programas de fortalecimiento en extensores de rodilla, cadera y flexores plantares.

8º Al año realización del análisis del movimiento.

El ajuste del par de momentos de fuerza entre el tobillo y la rodilla debe ser uno de los objetivos del análisis, puesto que el uso de ortesis tobillo-pie todavía puede ser necesario.

La revisión o actualización de los otros componentes de la matriz diagnóstica, como la exploración física, la radiográfica o la evaluación funcional, permitirá planificar el siguiente paso.

9º El momento de la retirada de material de osteosíntesis y el reajuste quirúrgico asociado.

En los pacientes en crecimiento es necesario retirar el material de osteosíntesis de la rodilla entorno a los 18 meses. Dado que la lesión neurológica permanece, hay que esperar la posibilidad de que se presenten recidivas en las deformidades ortopédica. Es por ello por lo que conviene evaluar, tal y como se ha descrito en algunas series, la cirugía en el recto anterior, el descenso de rótulas o la cirugía artrodesante del retropié de manera simultánea a la extracción del material.

10º El seguimiento a partir del 2º año.

Por los resultados obtenidos en la mayoría de las series, las mejoras de la marcha permanecen estables y las funcionales aparecen con claridad en todas las escalas GMFM, FMS y FAQ.

Persiguiendo los objetivos de la Clasificación de la Función, de la Discapacidad y la Salud (CIF), debe promoverse la actividad física y la participación en deportes adaptados. La revisión semestral puede detectar recidivas en las contracturas para aplicar toxina botulínica en los músculos afectados.

3-REVISIÓN DE CUESTIONES Y CONTROVERSIAS LIGADAS A LA CIRUGÍA MULTINIVEL.

3.1. LA CIRUGÍA MULTINIVEL EN LA MEDICINA BASADA EN LA EVIDENCIA

Siguiendo los criterios establecidos por el Centro Oxford para la escala de niveles de la Medicina Basada en la Evidencia, la cirugía multinivel demostró una evidencia moderada en cuanto a eficacia, en el meta-análisis realizado por McGinley¹⁵⁰.

El autor enfatiza la necesidad de realizar estudios prospectivos comparativos, para fortalecer el nivel de evidencia de recomendación. El estudio de Gorton fue el mejor valorado en esa revisión al comparar con metodología prospectiva y multicéntrica, los pacientes tratados mediante cirugía multinivel y aquellos manejados solo con fisioterapia¹⁹⁰. Las diferencias a favor de la cirugía al año de la intervención en los datos cinemáticos y en la función del paciente, fueron significativas.

Thomason presentó poco después de la publicación de Mc Ginley, un estudio en el que si se seguían las recomendaciones metodológicas de éste último¹⁸⁸. El trabajo, prospectivo comparativo y randomizado, mostró como mejoraban al año de la cirugía los parámetros cinemáticos escogidos en la cohorte de ocho pacientes intervenidos, con respecto a otra en la que el tratamiento fue solo la fisioterapia. Para obtener un aumento en las habilidades funcionales en la marcha, había que esperar a los 2 años de rehabilitación tras la intervención.

Novak presentó su revisión acerca de los tratamientos existentes en parálisis cerebral infantil, según los criterios que aplica la medicina basada en la evidencia¹⁹¹. Siguiendo los dominios de la Clasificación de la función, de la

discapacidad y la salud (CIF), los cambios conseguidos en los campos de daño corporal y función, no se acompañan de mejoras en la actividad y participación. Aunque este hecho pueda estar condicionado por aspectos culturales y sicosociales, para la autora la cirugía alcanza de momento un grado de recomendación moderada.

Lamberts más recientemente, realizó una revisión sistemática de los resultados en función de los parámetros de análisis de la marcha ¹⁹².

De los iniciales 510 artículos, solo 24 estudios cumplieron con los criterios de inclusión y todos salvo uno que alcanzó un nivel II, se clasificaron como nivel III.

De los 19 parámetros cinemáticos escogidos, los mejoras más grandes fueron observadas en la articulación de la rodilla. Su flexión en el contacto inicial, la extensión en la fase media del periodo de apoyo y el rango dinámico de movimiento durante el ciclo de marcha mejoraron significativamente en la mayoría de estudios.

También lo hicieron la dorsiflexión del tobillo en el contacto inicial, la dorsiflexión máxima de esta articulación durante los periodos de apoyo y oscilante, junto con los parámetros de rotación de la cadera y el ángulo de progresión del paso.

La extensión máxima de cadera durante el periodo de apoyo, mostró mejora en un 16% de los estudios y en un 24% disminuyó la inclinación anterior media de la pelvis. En el rango de movimiento de esta última, un 50% de los trabajos registró una reducción significativa.

Respecto a los parámetros temporo-espaciales, un 18% de los estudios mostraron una mejora significativa en la cadencia, mientras que en un 21% hubo un deterioro de la misma. La velocidad aumentó en un 24 % y el deterioro de la misma se informó en un 7%. Fue la longitud de zancada la que aumentó con más frecuencia, observándose este hecho en un 46% de los estudios evaluados.

La heterogeneidad de los resultados se explica tanto por la falta de uniformidad en la población de pacientes tratados, como por la diversidad de las técnicas quirúrgicas escogidas.

3.2. LA EVALUACIÓN DE LA MARCHA MEDIANTE ÍNDICES DE VALORACIÓN GLOBAL

La gran cantidad de datos que el análisis instrumentado del movimiento aporta, dificulta la extracción de conclusiones. La compleja dependencia y relación entre segmentos anatómicos en los tres planos de la espacio, puede ser evaluada cuantitativamente de manera rápida mediante un adecuado tratamiento estadístico. De ese modo, se ha podido caracterizar la marcha normal en un solo número ¹⁶.

Con esta información se puede cuantificar la separación que la marcha patológica estudiada presenta respecto a la normalidad y las diferencias post-tratamiento.

La correlación con los niveles FAQ y GMFCS y los cambios mínimos requeridos para que exista significación clínica, han sido recogidos en la bibliografía ¹⁶.

Cronológicamente se han utilizado como índices de valoración:

1-Normalcy Index o Gillette Gait Index: Schutte publicó la creación del índice de normalización de la marcha o "Normalcy Index". El término "Gillette Gait Index" o GGI es otra de sus denominaciones ¹⁹³.

Los 16 valores escogidos para elaborarlo, incluían parámetros temporo-espaciales y datos cinemáticos del ciclo de marcha de cada uno de los lados. El valor medio de la normalidad, aumenta cuanto peor es la marcha.

Tras el procesamiento estadístico de los datos, el valor 15,7 fue el número que reflejó la marcha normal.

La correlación con la mejora funcional, evaluada mediante escalas, fueron demostradas en trabajos posteriores y tuvo una amplia difusión como herramienta de medición post-tratamiento ¹⁹⁴.

2-Gait Deviation Index o GDI: Schwartz justificó posteriormente la búsqueda de un nuevo índice debido a que el GGI escogía de manera arbitraria sus 16 valores, entre los que no estaba la extensión máxima de la rodilla en la fase de apoyo ¹⁶. Además, el procesamiento estadístico del GGI presenta problemas para su implementación.

Para obtener el GDI se recogieron los datos cinemáticos de la pelvis y la cadera en los tres planos del espacio, en el plano sagital los valores de la rodilla, tobillo y por último, los valores del ángulo de progresión del pie. Los parámetros temporo-espaciales no se incluyeron.

El método de procesamiento de datos permitió obtener como valor de marcha normal, aquel que era igual o superior a 100. La comparación con el GGI, mostró como se correlacionaban bien a la hora de describir marchas patológicas, pero también que ambos índices reflejaban aspectos diferentes de la misma.

El estudio realizado, mostró la capacidad de este nuevo índice para que los valores hallados encajasen dentro de los niveles FAQ y se pudiesen detectar saltos entre ellos. Tras un tratamiento, la mínima diferencia de puntuación que representa cambios entre los niveles FAQ fue la de 5 puntos.

Molloy estableció la correlación entre la puntuación del GDI y los niveles GMFCS ¹⁹⁵. Los valores próximos a los 55 puntos eran propios del nivel IV, los cercanos a 65 eran representativos del nivel III, los 75 del II, y los 85 del nivel I. Posteriormente Malt, refirió resultados similares en la correlación entre los valores del GDI y el nivel GMFCS ¹⁹⁶.

Wilson mostró la buena correlación existente entre el GDI y el número de pasos que el paciente daba diariamente ¹⁹⁷. Sin embargo Maanum observó como esta correlación era peor con respecto al Test de caminar durante 6 minutos ("6 minute walking Test"), el Índice de Coste Fisiológico o ("Physiological Cost Index") o el Test de levantarse y andar ("Timed Up and Go Test), en una población adulta ¹⁹⁸. Para medir bien la realidad funcional del paciente, el autor recomienda el uso complementario de otras herramientas de evaluación .

Algunos autores como Truong defienden, debido a la sensibilidad que presenta para detectar cambios, el tratamiento el uso del GDI como herramienta de evaluación. En su estudio sobre los resultados tras la tenotomía del psoas, el autor solo encontró cambios en este índice ¹⁹⁹.

Su uso en otras edades y patologías como la de pacientes con amputación o artrosis de cadera, ha ido desarrollándose con posterioridad ^{200 201} .

3-El Gait Profile Score o GPS: Baker presentó un nuevo índice de la marcha, el GPS o Gait Profile Score ¹⁷. El índice se mide en grados y es el resultado de la desviación con respecto a la normalidad del valor cuadrático medio de las variables escogidas.

Este nuevo valor tenía la ventaja sobre el GDI, de poder descomponerse en 9 variables cinemáticas y analizarlas por separado. Los valores del plano sagital en pelvis, cadera, rodilla, tobillo, junto con los del plano frontal de la pelvis y la cadera, el plano transversal de la cadera y por último el ángulo de progresión del pie, constituían un listado conocido como Gait Variable Score o GVS. Presentados estos valores en forma de diagrama de barras, ofrecían el perfil del análisis del movimiento o MAP (Movement Analysis Profile). Gracias a él se puede juzgar en cual de las 9 variables escogidas se obtienen los cambios y cuanto se alejan éstos de la normalidad.

En el valor del GPS a diferencia del GDI, cuanto más disminuye mejor es la deambulación, siendo aquellos que se encuentran por debajo de 7º, aquellos que representan la normalidad.

Al igual que el GDI mostró correlación significativa con los diferentes niveles GMFCS y FAQ, siendo la diferencia de 1,6º el dato que suponía cambios entre niveles de FAQ. A este dato se le conoce como valor mínimo clínicamente significativo ²⁰².

Los parámetros temporo-espaciales como, la velocidad, la longitud de zancada o la cadencia, tampoco fueron escogidos para estimar éste índice.

Gracias a la posibilidad de la diferenciación entre cuál de los 9 parámetro mejoraba y cuál de ellos empeoraba, McGinley y Ferreira, recomiendan el uso del GPS para medir los resultados de los tratamientos ^{150 203}.

-Comparación entre los dos índices actuales.

El GDI y el GPS están escalados de manera diferente, por lo que las respuestas obtenidas en la evaluación de la marcha no son del todo idénticas. Los estudios comparativos muestran una correlación alta entre ellos, aunque ésta se expresa en modo no lineal ¹⁷.

Existen sistemas de cálculo que permiten hallar el valor de un índice, en función del que se obtiene en el otro.

Entre las ventajas que ofrece el GDI está la distribución normal que ofrecen los valores hallados dentro de la clasificación GMFCS y los niveles FAQ. El GPS sin embargo, presenta entre los pacientes con distintos niveles funcionales GMFCS una distribución en forma de Chi-cuadrado, dificultándose con ello la precisión en la correlación.

Con el GDI la detección del número de veces que se obtienen cambios mínimos clínicamente significativo, resultan más intuitiva y fácil de interpretar que con el GPS.

A favor del GPS se encuentra el hecho de haber sido el primero en demostrar su capacidad predictiva en los cambios obtenidos tras la cirugía, al relacionar mediante una fórmula matemática, la magnitud de la mejoría con el valor previo ¹⁸.

3.3. SOSTENIBILIDAD DE LAS MEJORAS

La persistencia del trastorno neurológico en un esqueleto en crecimiento promueve la recurrencia del problema músculo-esquelético, por lo que es necesario estudiar el mantenimiento de las mejoras.

Wren señaló como se aumentaba el número de procedimientos quirúrgicos posteriores a la cirugía inicial, de no seguirse las recomendaciones del análisis del movimiento ⁸⁵.

En las series analizadas con seguimiento a largo plazo es común, tanto el predominio de pacientes con niveles GMFCS II, como la realización de la cirugía próxima a la adolescencia.

Saraph mostró posteriormente un estudio retrospectivo realizado en 32 pacientes dipléjicos, en el que se mostraban cambios cinemáticos positivos al año, a los dos y a los tres años ²⁰¹. Aunque la velocidad no mejoró, la extensión de la rodilla, la de la cadera y la dorsiflexión de tobillo, si lo hicieron.

La rodilla presentó antes de los tres años tendencia a empeorar su extensión en apoyo, mientras que la cadera prosiguió su mejoría para llegar a la extensión normal en ese mismo periodo. Se observó algún deterioro cinemático durante el seguimiento, pero lo alcanzado a los dos años permaneció estable hasta los tres. El autor considera que a partir de ese momento, se puede suponer que los cambios se mantendrán en el tiempo. La retirada de las ortesis tobillo-pie en la deambulación en torno al año y de su uso nocturno a los dos años, son momentos en los que la rehabilitación puede ser más necesaria para evitar recidivas.

Rodda presentó un estudio sobre el resultado de la cirugía multinivel con el patrón de marcha agachada severa. Los 10 casos operados con la cirugía multinivel sin ostetotomía extensora femoral distal, mantuvieron a los 5 años, los logros cinemáticos obtenidos tras el primer año post-cirugía ¹¹.

Thomason publicó los resultados una cohorte de 19 pacientes que trató y siguió durante 5 años ²⁰². La mejoría cinemática, con un descenso de 5,3º GPS al año, se mantuvo a los 5 años. La función, medida con la escala de función motora gruesa GMFM, mejoró un 3,3% a los dos años y se mantuvo hasta el final. La escala FMS mostró cambios positivos estables en las distancias de 50 y 500 metros. El incremento de la calidad de vida siguiendo la escala CHQ "Child Health Quality", se consiguió a los 2 años y se mantuvo. El mantenimiento del buen resultado en los pacientes quedó demostrado en aspectos de la clasificación CIF, como el incremento en el número de actividades y en la participación en las mismas. Aunque el autor admitió que la necesidad ocasional de procedimientos quirúrgicos adicionales, los resultados fueron estimados como duraderos.

Terjessen en su serie de 34 pacientes con cirugía multinivel, coincidía con Rutz tanto en la estabilidad de las mejorías a lo largo de un periodo medio de 5 años, como en la necesidad de admitir que para conseguirla se necesitaban procedimientos adicionales posteriores²⁰³. Cerca de la mitad de los pacientes tuvieron que ser intervenidos de nuevo. La mejoría del GPS fue de tres veces el valor mínimo clínicamente significativo, sin que hubiese cambios entre el año y el seguimiento final.

Haumont revisó con un seguimiento de 10 años los resultados de esta cirugía para la marcha en flexión de rodilla, entendiendo por ésta aquella en la que en el contacto inicial la rodilla se encontraba con una flexo mayor de 15°²⁰⁴. Siguiendo este criterio fueron analizados no solo la marcha agachada, también el patrón de rodilla en recurvatum y el de marcha en salto.

Se evaluaron los resultados de la cirugía multinivel en 97 pacientes, de los que 12 tenían un nivel I, 45 un nivel II, 37 un nivel III y 3 un nivel IV.

De los 1.031 procedimientos quirúrgicos realizados durante 10 años, solo 6 fueron osteotomías extensoras y 3 fueron capsulotomías posteriores. Este escaso número de procedimientos de corrección de flexos fijos de rodilla, da una idea de la escasa magnitud de las deformidades iniciales.

Se realizaron 250 procedimientos de alargamiento de isquiosurales, 180 de ellos bilaterales, que no se asociaron a un empeoramiento de la inclinación anterior de la pelvis. Las mejoras a los 10 años se registraron en la extensión de rodilla en el contacto inicial, en el Gait Deviation Index, en la puntuación del GMFM y en la velocidad. Aquellos pacientes que tenían una peor afectación inicial, fueron los que más mejoraron.

Un 69 % de los pacientes tuvo que ser reintervenido dos o más veces.

Como conclusión puede establecerse que debido a la persistencia de la enfermedad neurológica, tras la cirugía inicial es frecuente realizar otros gestos quirúrgicos habitualmente menos agresivos.

3.4. PREDICTIBILIDAD DE RESULTADOS

La variabilidad de los resultados de la cirugía, hace que se busquen los datos que permitan predecir sus efectos y mejorar así la elección del paciente.

Hinden presentó un estudio retrospectivo con 160 pacientes dipléjicos con edades comprendidas desde los 6 hasta los 24 años, en los que se realizó cirugía multinivel¹⁸. El análisis se hizo a los 2 años y se usó el índice de valoración global de la marcha Gait Profile Score (GPS), como métrica de evaluación. Los resultados obtenidos mostraron una mejoría en el 75% de los pacientes, en un 23% no se mostraron cambios y en 2 % del total de pacientes hubo un empeoramiento. La mejoría con este índice alcanzó 2 veces el valor mínimo clínicamente significativo.

El predictor más fiable de los cambios tras la cirugía fue el valor GPS pre-operatorio. Existía una relación inversa entre la situación de su valor pre-operatorio y la capacidad de mejora que tenía el paciente, según se comprobó mediante el análisis de regresión múltiple. El resultado final del índice pudo calcularse con la fórmula:

“GPS = (0,6 x GPS preoperatorio)-(0,1 x edad)-2,6”.

El control motor del paciente y la debilidad muscular condiciona el techo de los cambios.

El control motor, cuantificado con el valor obtenido por Schwartz, permite también predecir el resultado final⁶⁰. Ounpuu ya señaló como gracias a este valor, se podía saber si la magnitud de los cambios iba a ser escasa, sin que ello dependiera del tratamiento realizado⁶¹.

3.5. CAMBIOS EN LA CLASIFICACIÓN GMFCS TRAS LA CIRUGÍA MULTINIVEL

La sistemática retrospectiva de los estudios que señalan cambios de nivel GMFCS tras la cirugía multinivel, conlleva un sesgo que resta fiabilidad a lo observado¹⁵⁰. La falta de conocimiento de la situación funcional basal,

previa a la cirugía, imposibilita conocer cual era el nivel funcional real previa. La sensibilidad de esta clasificación como herramienta para recoger variaciones, es puesta en duda por la mayoría de autores. Harvey mostró la ventaja de la escala FMS, a la hora de detectar cambios post-tratamiento en una población de pacientes en la que no hubo diferencias en niveles funcionales GMFCS²⁰⁵.

Mc Ginley en su revisión sistemática, también señaló la dificultad de detectar cambios post-tratamiento en la función motora gruesa. Para el autor el GMFCS es fundamentalmente, una herramienta con capacidad pronóstica que ayuda para fijar metas en los tratamientos¹⁵⁰.

Al igual que ocurre con la cirugía multinivel, tras la rizotomía dorsal las familias también se han referido importantes cambios funcionales sin que se detecten saltos entre niveles GMFCS. Este hecho refleja que aparte de la espasticidad y de las alteraciones presentes en el aparato locomotor, desafortunadamente no todos los aspectos patológicos implicados en la parálisis cerebral, como la calidad del control motor, son manejables con los tratamientos actuales.

3.6. APLICACIÓN DE LA CIRUGÍA MULTINIVEL EN PACIENTES GMFCS IV

En los pacientes con nivel GMFCS IV y niveles FAQ 2 y 3, la cirugía que realinee las extremidades facilita a los cuidadores las transferencias desde la silla de ruedas y aumenta las habilidades para hacer distancias cortas, comúnmente presentes a nivel doméstico.

Blumetti tras los resultados de su serie, mostró su reticencia a realizar esta cirugía en este nivel funcional²⁰⁶. Para este autor los objetivos en estos pacientes deben estar ligados a la calidad presente en su sedestación. Por ello mantener las caderas centradas, la espalda alineada verticalmente sobre una pelvis horizontal y valorar la necesidad de corrección de deformidades severas en los pies, son las metas aconsejables.

En contra de lo observado por este autor, otros como Stout usan parámetros cinemáticos y funcionales en la evaluación mostraron buenos resultados con la cirugía multinivel en estos pacientes¹². En estos casos, dado que la realización del análisis de la marcha es difícil, puede sospecharse que en realidad fuesen niveles GMFCS III, con un deterioro funcional importante previo a la cirugía.

La escala FMS permaneció sin cambios en 95,4% de los pacientes en el trabajo de Blumetti. El único detectado y en sentido negativo, lo mostró un paciente que en casa dejó de usar el andador. La tasa de complicaciones fue alta, un 63,6% de los casos, siendo la neuroapraxia un problema frecuente.

A pesar de todo ello, cerca del 64 % de las familias consideró que la cirugía había sido beneficiosa para los cuidados de su hijo, lo que pone en cuestión la validez de la FMS como herramienta de evaluación en este estudio. El cuestionario FAQ debe ser alternativa de valoración en esta población, ya que en los niveles con mayor limitación habrían podido detectarse.

3.7. CONTROVERSIAS EN TÉCNICAS COMUNES

3.7.1. La cirugía del flexo de cadera

El estudio multicéntrico realizado por Pinero evaluó el impacto que tenía en la deambulaci3n la contractura en flexi3n de la cadera²⁰⁷. Las escalas empleadas, FAQ (Functional Ambulation Questtionaire), GMFM (Gross Motot Function Measurement) y PODCI (Pediatric Outcome Data Collection Instrument) mostraron una relaci3n inversa entre la importancia de la misma y la funcionalidad de la deambulaci3n. La cirugía sobre la musculatura biarticular, la del tend3n del psoas y la del recto anterior a nivel proximal, es la que se plantea con m3s frecuencia.

3.7.1.2. La cirugía sobre el tendón del psoas.

Existe controversia sobre la necesidad de realizar la tenotomía del psoas y de ser así, la localización de la misma. Los argumentos expuestos por autores que defienden esta técnica son:

- 1º La dificultad funcional asociada a la falta de extensión de cadera en el lado apoyado, que se traduce en un acortamiento del paso y en la dificultad para subir escaleras.
- 2º La influencia que el aumento de la inclinación de la pelvis tiene en el flexo de rodilla, tal y como han demostrado los modelos virtuales de Delp.

Por otra parte, tres son los motivos aducidos por Rutz para no realizar la tenotomía del psoas de manera habitual²⁰⁸:

- 1º En la mayoría de las ocasiones, la disminución de extensión de cadera en la fase de apoyo no es un problema primario de la marcha, si no que se presenta de manera secundaria al flexo de rodilla o al equino de tobillo.
- 2º La cercanía del nervio crural y de los grandes vasos aumentan los riesgos de la cirugía²⁰⁹.
- 3º La debilidad en la fuerza flexora de cadera, generada por la tenotomía del psoas.

Acerca del lugar donde realizar la tenotomía, inicialmente los trabajos de Bleck advirtieron de la pérdida de potencia flexora en la cadera, cuando la desinserción se realizaba en el trocánter menor²¹⁰. La porción ilíaca del músculo iliopsoas, es decir el componente monoarticular, no está tan afectada como la del psoas, o porción biarticular, por lo que respetarla asegura potencia flexora en la cadera^{211 212}. Para estos dos autores debido a las posibles consecuencias funcionales de la cirugía sobre el trocánter menor, tales como la pérdida de habilidades para subir bordillos o peldaños, se desaconseja su realización en pacientes deambulantes. Delp demostró mediante modelos de simulación virtual como el incremento de la longitud del tendón del psoas de 1 centímetro, disminuía el momento de fuerza flexor solo un 4%⁴¹.

Sutherland analizó por primera vez los resultados de la tenotomía del psoas sobre la pelvis en pacientes ambulatorios, mediante el estudio de variables cinemáticas y funcionales²¹¹. En 17 pacientes se evaluaron 29 caderas, comprobándose como el valor medio de la inclinación anterior de la pelvis, disminuyó de manera significativa en los más jóvenes con deambulación independiente. La recuperación de la fuerza flexora fue apareciendo progresivamente durante la rehabilitación.

Novacheck posteriormente publicó una serie de pacientes dipléjicos a los que realizó la tenotomía del psoas también a nivel pélvico, evaluados con el índice de flexión de cadera²¹². Este dato resumía en un número, las cifras que el análisis cinemático aportaba durante el ciclo de marcha y fue el valor que registró los cambios más significativos. Se obtuvieron también variaciones significativas en el índice de normalización de Schutte, conocido también como GGI (Gillette Gait Index), la inclinación pélvica y en el rango de movimiento pélvico. Hubo una tendencia a la mejoría, sin que esta fuese estadísticamente significativa, en la máxima extensión de cadera en el apoyo. El pico de potencia en la flexión de cadera se mantuvo, con solo un descenso del 10%. La valoración funcional usando el cuestionario FAQ no mostró deterioros.

Bialik publicó el único trabajo en el que las ideas iniciales de Bleck se rebatían²¹³. El autor comparó la tenotomía del psoas intrapélvico, con la tenotomía del psoas en el trocánter menor. En su serie comparativa de tratamientos, se observó una mayor extensión de cadera durante la fase de apoyo en el grupo de la tenotomía en el trocánter menor sin encontrar diferencias en la potencia flexora de cadera.

Morais analizó los resultados de la cirugía del psoas a nivel de la pelvis en 26 pacientes²¹⁴. El autor indicó la el tratamiento ante un signo de Thomas positivo, con la falta de extensión de cadera al final de la fase de apoyo o el aumento tanto de la inclinación anterior, como del rango de movimiento en la pelvis.

La inclinación de la pelvis disminuyó en los pacientes deambulantes independientes, pero aumentó en aquellos que usaban ayudas. Se normalizó el rango de movimiento en este segmento, mostrado por un patrón de doble joroba, pero no así la extensión de cadera.

Al asociarse en la mayoría de los pacientes el alargamiento de los isquiosurales, se vio debilitada la extensión de la pelvis aumentando así la media de la inclinación hacia delante. Los autores del trabajo no pudieron demostrar corrección alguna tras la tenotomía del psoas. Por ello concluyen que otros problemas como la falta de equilibrio, o de control de tronco podían justificar la aparición de este problema.

Truong realizó un estudio comparativo retrospectivo en dos cohortes de pacientes deambulantes de características similares. La diferencia entre ambas estuvo en la tenotomía del psoas a nivel pélvico¹⁹⁶.

Los criterios cinemáticos utilizados para realizar esta cirugía fueron:

- Una extensión máxima de cadera de + 8°.
- Una inclinación pélvica mayor de 24°.
- Un rango de movimiento de la pelvis mayor de 8°.

En el grupo en el que se realizó la tenotomía del psoas solo hubo diferencias favorables en los índices GDI y en un nuevo índice descrito para el estudio del funcionamiento de la pelvis y la cadera. No hubo pérdida significativa de fuerza flexora, ni diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los dos grupos. En los pacientes GMFCS III y IV con la cirugía del psoas en la pelvis, se obtuvo un mejor incremento del índice de marcha global GDI. La menor longitud de paso encontrada en los niveles GMFCS II, estaba en el contexto del proceso de recuperación de la pérdida de fuerza inicial tras la tenotomía. Su rehabilitación permite superar la debilidad flexora inicial que produce pasos más cortos. Para los autores las diferencias obtenidas en la inclinación anterior de la pelvis o la extensión de cadera, fueron menores de lo esperado, por lo que sugieren que para optimizar resultados, se busquen otros métodos de selección basados en el método de aprendizaje estadístico. Como referencia se menciona el trabajo de Reinbolt en el que se eligen con este sistema, los pacientes candidatos a la cirugía de transferencia del recto anterior a nivel de rodilla.

Schwartz aplicó posteriormente este método, siguiendo el modelo estadístico de “random forest” obtenido tras el análisis de los resultados de los pacientes del Hospital Gillette. Los buenos resultados de la tenotomía del psoas a nivel de la pelvis, aumentaron gracias a este sistema de selección desde un 58% a un 72%²¹⁵.

Al igual que en el trabajo de Moraes la capacidad de esta cirugía para evitar el aumento de la inclinación anterior de la pelvis tras el alargamiento de los isquiosurales, ha sido cuestionada por los resultados encontrados en otras series. Así, De Luca observó el aumento de la inclinación anterior cuando se alargaron los isquiosurales mediales y laterales a la vez, sin que la tenotomía del psoas a nivel de la pelvis pudiera corregirla²¹⁶.

El papel de la cirugía del psoas sigue siendo objeto de controversia. Los estudios comparativos randomizados con series de pacientes de características homogéneas, permitirían extraer conclusiones sobre su idoneidad.

3.7.2.2. La cirugía del recto anterior a nivel proximal

El aumento de tono muscular en el recto anterior como músculo biarticular, podría condicionar una disminución de la extensión de cadera y un aumento de la inclinación anterior de la pelvis durante el periodo de apoyo. Durante el periodo oscilante, su activación causa una disminución en valor máximo de flexión de la rodilla. Ambas situaciones que van en contra de los requisitos de la marcha eficaz establecidos por Gage, han intentado ser abordadas con la cirugía del recto anterior a nivel proximal.

Inicialmente y careciendo de estudios cinemáticos.

Végvari presentó los resultados cinemáticos de la sección del recto anterior a nivel proximal, en los que no se observó ninguna ventaja ni en la extensión de cadera, ni en la inclinación anterior de la pelvis²¹⁷. El estudio comparativo entre dos cohortes, una con la cirugía y otra sin ella, se realizaba en pacientes con signo de Thomas positivo, con 10º o más de flexo de cadera y a todos se les realizó la transferencia distal del recto anterior. El hecho de que todos los pacientes tuvieran esta última técnica, introduce un sesgo en la interpretación de la validez del tratamiento realizada en proximal.

3.7.3. La cirugía del recto anterior a nivel distal

La falta de flexión de la rodilla en el periodo oscilante puede deberse no solo a la activación durante el mismo del recto anterior, también a la debilidad de los flexores de cadera e incluso a la de los flexores plantares. La dificultad para que el pie alcance una altura adecuada con respecto al suelo produce una marcha con tropiezos, arrastre de pies o dificultad para subir las escaleras.

Los criterios diagnósticos utilizados para confirmar la participación del recto anterior son la presencia en la exploración del signo de Duncan-Ely, la detección de contracción muscular en el recto anterior durante la fase oscilante y cinemáticamente, la disminución de la altura del pico de flexión con un retraso en la aparición del mismo durante ese periodo.

Gage ideó la transferencia distal del recto anterior al semitendinoso con el fin de cambiar durante el periodo oscilante, la actividad extensora de un músculo que actuaba fuera de su fase habitual, en una flexora. La mayor flexión de rodilla conseguiría así una mayor altura del pie con respecto al suelo²¹⁸.

Tanto Chambers mencionó la importancia de la EMG dinámica en la selección del paciente, en función del patrón de actividad eléctrica²¹⁹.

Saw describió el seguimiento a largo plazo en pacientes a los que solo se les hizo transferencia del recto anterior, y vio que a los 4,5 años, existía una disminución de la extensión de la rodilla en la fase de apoyo²²⁰.

Rethlefsen, intentó buscar los factores predictivos de un buen y un mal resultado tras la transferencia distal del recto anterior. Ni la marcha agachada ni el hecho de que el paciente fuera dipléjico o tetrapléjico, pudo relacionarse con el mal resultado. Solo el nivel GMFCS IV fue predictivo del peor resultado del mismo²²¹.

Como receptores del tendón del recto se utilizaron inicialmente el sartorio, el gracilis y el semitendinoso, siendo los dos últimos el destino más frecuente del tendón.

Hemo apuntó la posibilidad de cambiar la inserción distal, llevándola a la cintilla iliotibial sin que se observará diferencia en los resultados cinemáticos²²².

Scully también comparó la cintilla iliotibial, el semitendinoso y el sartorio, como receptores del tendón del recto²²³. El autor tampoco encontró diferencia en el pico de flexión de rodilla durante el periodo oscilante, ni en el momento en el que éste se presentaba.

Con estos dos últimos estudios, se afianzó la idea de que más que funcionar como una transposición real, la técnica en realidad solo evitaba la recidiva de la contractura. Esta idea se basaba también en los estudios de Delp²²⁴. En ellos se demostró mediante modelos de simulación virtual, que el momento flexor no aumentaba, por lo que el efecto beneficioso buscado no parecía estar relacionado con la conversión de un tendón extensor de rodilla en flexor.

Asakawa comprobó además mediante resonancia magnética dinámica, como el recto anterior en su nueva localización, se desplazaba en línea con los extensores de la rodilla en vez de hacerlo con los flexores²²⁵.

Posteriormente el mismo autor usando la resonancia magnética de manera estática, mostró la existencia de adherencias en el tendón transferido, lo que explicaría como no existía un adecuado funcionamiento del tendón como flexor de rodilla ²²⁶.

Reinbolt debido a la variabilidad en los resultados, defendió el uso de un sistema estadístico con capacidad de identificar las indicaciones de la cirugía. Los resultados de su trabajo mostraron como esta toma de decisiones, usando los datos procesados convenientemente, se asociaba a mejores resultados ²²⁷.

Cruz estudió los resultados del alargamiento intramuscular del recto anterior en 42 pacientes, mejorando el momento en el que aparecía el pico de flexión de rodilla durante el periodo oscilante, sin alcanzar cambios estadísticamente significativos en la magnitud de su pico de flexión ²²⁸. Debido a la simplicidad de la técnica y a los fiables resultados obtenidos a los cuatro años de seguimiento, es para muchos cirujanos la técnica de elección.

Presedo presentó los resultados de su serie de pacientes, a los que se les realizó la resección completa de todo el recto anterior, mostrando mejorías cinemáticas comparables a la transferencia del recto ²²⁹. Sus datos vuelven a sostener la idea de que la mejora se consigue por evitar la recidiva de la contractura del recto, y no por los beneficios de la transferencia. La ausencia de un grupo control y el seguimiento de solo dos años, hacen que no se puedan generalizar sus conclusiones.

Dreher presentó otro estudio a 9 años de seguimiento, sobre los resultados de la transposición del recto anterior a los isquiotibiales en 53 pacientes deambulantes con parálisis cerebral ²³⁰. El grupo de pacientes en los que se realizó la técnica con los criterios cinemáticos habituales, mantuvo la mejora en el pico de flexión y en el momento en el que este se presentaba, mientras a aquellos a los que la cirugía se realizó de manera preventiva del problema de falta de flexión de rodilla no mejoraron ese parámetro.

La cohorte de pacientes con flexo severo de rodilla en el periodo de apoyo y mayor afectación clínica, presentó un 15% malos resultados iniciales y un 18% de recidivas.

De la revisión realizada la tendencia a ser más selectivo en la indicación de la transposición y su evitación en pacientes más afectados, parece ser la tendencia actual. La cirugía de resección del tendón ganan popularidad por sus satisfactorios resultados y por el ahorro de tiempo quirúrgico que suponen.

3.7.4. La cirugía de los gastrocnemios

La deformidad en equino de tobillo es muy frecuente dentro de las alteraciones ortopédicas en parálisis cerebral infantil. En el comienzo de su aparición, la hipertonia y espasticidad de los gastrocnemios son los mayores responsables de la misma. Las características de músculo biarticular y su localización distal, hacen que por el control neurológico deteriorado, este grupo muscular se vea afectado precozmente.

Cinemáticamente pueden aparecer varias formas de equino. Han sido descritas la flexión plantar en el contacto inicial, una desaparición de la primera mecedora o mecedora de talón con un despegue precoz de talón, y el acortamiento de la segunda mecedora o mecedora de tobillo.

La afectación del sóleo, que aparece posteriormente ha de descartarse mediante el test de Silfverskiöld .

En función de la presencia de vientre muscular, aponeurosis o tendón, el complejo músculo-tendinoso que forman los gastrocnemios y el sóleo, se divide de proximal a distal en tres zonas ³³.

En la zona I se solapan los vientres musculares de los gastrocnemios y del sóleo. Es aquí donde se realiza la sección transversal de la aponeurosis que los gastrocnemios presentan en su parte anterior, descrita en el tratamiento más frecuentemente utilizado, la técnica de Baumann ²³¹ .

En la zona II el músculo gastrocnemio se prolonga hacia distal como tendón aplanado por detrás del vientre

muscular del sóleo y en la zona III sólo existe el tendón Aquileo. Éste se forma como resultado de la unión de las prolongaciones tendinosas que parten de los vientres musculares de los gastronemios y del sóleo. En el caso de no conseguir la dorsiflexión, la aponeurosis del sóleo también puede cortada transversalmente.

Por el riesgo de debilitar el sóleo cuanto más distal la sea la zona de la cirugía, más probabilidad hay de que aparezca la marcha agachada. Borton presentó un porcentaje que alcanzaba el 40% de marcha agachada tras los alargamientos en los que se incluía el sóleo²³².



Figura 28. Abordaje medial en la zona I de la cara posterior de la pierna y Técnica de Baumann. La aponeurosis que recubre los gastrocnemios es señalada antes de ser seccionada transversalmente.

Shore en su revisión sistemática sobre el tratamiento quirúrgico del equino en parálisis cerebral encontró como la mayoría de las series de pacientes son estudios retrospectivos sin un gran seguimiento a largo plazo²³⁵. La edad a la que se realizó la cirugía y la hemiplegia se asociaba a la recidiva de la deformidad, mientras que la diplegia lo hacía con la sobrecorrección. En sus conclusiones a la luz de la revisión realizada no se podía ofrecer una clara recomendación sobre qué técnica realizar.

3.7.5. Cirugía en el “brazo de palanca”

La disminución de la longitud del brazo de palanca aparece de manera progresiva durante el crecimiento del paciente. Las frecuentes alteraciones torsionales de la tibia hacia externo y del fémur hacia interno, disminuyen los momentos de fuerza extensores de rodilla, de la cadera y también el momento abductor de ésta última. Su restitución busca corregir el acoplamiento del momento de fuerza flexor plantar de tobillo con el momento extensor de la rodilla y evitar así, el adelantamiento de la tibia durante la fase de apoyo unipodal. Mejorar la función del pie como palanca estable y correctamente alineada, es parte de la reconstrucción del brazo de palanca.

En la bibliografía se muestran opciones diferentes en cuanto posición del paciente, nivel de la osteotomía y la osteosíntesis a emplear.

3.7.5.1. La osteotomía desrotatoria femoral

El predominio de los músculos flexores y rotadores internos de la cadera, junto con la influencia de la carga anómala, favorecen la permanencia de la anteversión femoral presente al nacimiento. El aumento de la anteversión femoral descrito en los pacientes afectados por parálisis cerebral infantil, puede provocar alteraciones en segmentos anatómicos vecinos. Han sido descritos el aumento de la inclinación anterior de la pelvis en un intento de cubrir la cabeza femoral, o la disminución del pico de flexión en la rodilla durante el periodo oscilante¹³⁷.

La corrección de la anteversión femoral cuando ésta supera los 40°, mejora la biomecánica del brazo de palanca de los abductores y la de los extensores de cadera.

Pirpiris sugiere dejar tras la osteotomía solo 20° de rotación interna pasiva²³⁴.

Kim sin embargo, en 45 osteotomías encontró una recidiva de 15, siendo la edad inferior a 10 años y la presencia de una mayor espasticidad el factor pronóstico determinante para que esto ocurriera¹⁵³.

Para Dreher un rango igual de rotación interna y externa o un ligero predominio de la externa, representan un referencia válida para la corrección²³⁵. Este autor elige esta última opción si la rotación interna dinámica supera los 30° durante el periodo de apoyo. En casos en los que la rotación interna durante la fase de apoyo está por debajo de 30° y por encima de 15°, los factores dinámicos pueden jugar un papel en el ángulo de progresión de la marcha y deben ser estudiados como causa de la misma⁴². La desrotación debe realizarse evitando el exceso de corrección, ya que parte del problema puede deberse a la espasticidad de la porción anterior del glúteo medio, a la tendencia al equino o por último, a la del flexo de cadera⁴³.

Schwartz presentó el trabajo sobre indicaciones de la osteotomía femoral proximal, basándose en el estudio estadístico de los resultados obtenidos en anteriores pacientes, con la estrategia de los algoritmos tipo "Random Forest"²³⁶. La mejor corrección se consiguió en aquellos pacientes con anteversión femoral por encima de 30°-40° asociada a un claro exceso de movimiento en la gráfica cinemática de rotación interna de cadera. Aquellos casos en los que la rotación interna era menor y el paciente tenía con una gran anteversión, se tendía a la sobrecorrección.

Dreher presentó los resultados de la osteotomía desrotatoria de fémur con un seguimiento de 10 años²³⁷. Siguió una cohorte de 33 pacientes con 59 extremidades afectadas, en las que la osteotomía fue realizada nivel distal en 27 ocasiones y a nivel proximal en 32. El estudio mostró la permanencia de los resultados en la desrotación conseguida, una media de 25°, en una población cuya edad media fue de 10,5 años. Las recidivas de la intrarotación en la marcha la atribuyeron al mal control motor del paciente, o a factores de dinámicos como el predominio de los rotadores internos de la cadera.

Como el fragmento distal de la osteotomía intertrocanterea incluye el trocánter menor, se disminuye la tracción que existe en el iliopsoas por la desrotación hacia externo y por que el habitual diseño de la placa, lo medializa. La posibilidad de que la osteotomía desrotatoria a nivel subtrocantereo, produzca un aumento de tensión en la flexión de cadera, se explica por el desplazamiento hacia posterior de su inserción.

Al igual que ocurre con la osteotomía desrotatoria de tibia, el abordaje en decúbito prono facilita la estimación de la corrección del perfil rotacional.



Figura 29. Abordaje posterior para la osteotomía femoral proximal desrotatoria. En decúbito prono se facilita el control rotacional durante la corrección.

Como inconvenientes del abordaje proximal con respecto al abordaje distal, se ha señalado una peor accesibilidad, tiende a prolongar la cirugía y aumenta la probabilidad de sangrado ²³⁸. Además la protrusión del implante puede provocar una bursitis trocantérea o molestias que se asocian a marcha en Trendelenburg. La existencia de un flexo rígido de rodilla, determinan la elección del nivel distal para realizar la desrotación. El abordaje es más sencillo y la osteosíntesis se realiza en la actualidad con placas distales femorales que actúan como fijador interno ²³⁹. Para Pirpiris, al no encontrar diferencias ni en la seguridad, ni en la eficacia en la obtención de resultados, la elección del nivel de la osteotomía quedaba a elección del cirujano.

El nivel diafisario si se utilizan dispositivos endomedulares, aporta la ventaja de la menor incisión, a expensas de una estimación de la desrotación menos fácil de realizar. Los clavos introducidos de manera anterógrada a través del trocánter mayor se bloquean a nivel proximal y distal. En época prepuberal los clavos elásticos desde distal con montaje en torre Eiffel constituyen la alternativa en edades más precoces ²⁴⁰.

3.7.5.2. La osteotomía desrotatoria tibial

La torsión tibial externa aparece por la distribución de cargas anómalas presentes en el pie plano valgo espástico. Su corrección es necesaria para que los gastrocnemios y el sóleo puedan mejorar el momento de fuerza flexor plantar.

Los valores de torsión tibial externa con un ángulo muslo-pie de 15°-20°.

El nivel de la osteotomía y los tipos de osteosíntesis también varían según los autores.

El abordaje distal disminuye el riesgo de complicaciones neurovasculares y el de síndrome compartimental.

El nivel diafisario permite la síntesis con clavos endomedulares fresados en pacientes con la madurez esquelética alcanzada, o en aquellos con fisis de crecimiento, con clavos elásticos en montaje en torre Eiffel ²⁴⁰. En pacientes por debajo de 10 años, la osteotomía percutánea distal de tibia es una de las opciones utilizadas¹. La estabilidad necesaria para la consolidación, depende de un yeso suropédico en el que la rotación es controlada por una aguja de Kirschner incluida en él, tras haber sido insertada perpendicularmente en la metáfisis proximal de la tibia ²⁴¹.

3.7.5.3. La cirugía del pie plano espástico

Para que el pie pueda proporcionar un fulcro estable bajo la cabeza de los metatarsianos, se necesita que las articulaciones tibiotalar, subtalar, de Chopart y de Linsfranc permanezcan correctamente alineadas en los

diferentes momentos de la fase de apoyo . La supinación durante la parte final de la segunda mecedora del pie, es necesaria para conseguir una propulsión eficaz.

En pacientes con nivel funcional GMFCS II y buen control motor han de evitarse en lo posible las artrodesis, ya que el estrés mecánico que dejan de absorber las articulaciones anuladas, se transmite a las articulaciones vecinas . De la reductibilidad de las deformidades articulares, dependerá la necesidad de artrodesar .

En general las técnicas que se centran en mejorar el arco medial, muestran mejores resultados que las que actúan sobre la columna externa del mediopié .

Las técnicas más frecuentemente utilizadas en la corrección quirúrgica del pie plano son:

1- Osteotomía de alargamiento del cuello del calcáneo

Está concebida para corregir el valgo del retropié en deformidades reductibles a la exploración. Descrita por Mosca, consiste en la adición de un injerto trapezoidal de base externa desde la cortical lateral del calcáneo, tras la osteotomía realizada en la zona proximal a la articulación calcáneo-cuboidea ²⁴².

De esta manera se restituye el acortamiento de la columna lateral que existe con el abducto del antepié.

Con este gesto se reduce además el volumen del “acetabulum pedis” produciendo un efecto de ascenso en la cabeza del astrágalo. La necesidad de retensar la cápsula talonavicular inferomedial y la reinserción distal del tibial posterior, se evalúa si el efecto de dosiflexión del astrágalo no se consigue. El autor considera que su técnica es un tratamiento para el valgo del retropié, y de estar presente la supinación del antepié, ésta necesita ser corregida. En estas situaciones se necesitan técnicas que flexionen hacia plantar el primer radio, siendo la osteotomía de adición dorsal en la primera cuña la más utilizada .

2- Artrodesis talonavicular

Cuando la pérdida del arco plantar no puede corregirse a la manipulación, la artrodesis talonavicular constituye una buena opción. Al resear las superficies del astrágalo y del escafoides se permite llevar a flexión plantar el mediopié, consiguiendo reconstruir la bóveda plantar ²⁴³. La síntesis con tornillos canulados a compresión, disminuye el riesgo de pseudoartrosis. Tras la consolidación, el pie recupera la estabilidad que requiere para ejercer como palanca y ofrece la colocación adecuada de las cabezas de los metatarsianos para que actúen como fulcro.



Figura 30. Corrección de la disfunción del brazo de palanca distal. Osteotomía desrotatoria de tibia, reconstrucción del arco plantar y realineación del mediopié. Tras la cirugía, los flexores plantares del tobillo disponen de una palanca estable en el pie.

El inconveniente que supone anular la mayor parte de la movilidad presente en el retropié, hace que se emplee sobre todo en pacientes con niveles GMFCS III y IV con edades cercanas a la adolescencia.

3.8. TRATAMIENTO DEL FLEXO RÍGIDO DE RODILLA

3.8.1. Aplicación de yesos seriados

La eficacia del yeso seriado como tratamiento de las contracturas fijas relacionadas con espasticidad, se ha reconocido en diferentes estudios²⁵.

Westberry publicó un estudio retrospectivo sobre la aplicación de los yesos seriados en flexos de rodilla con el antecedente de haberse practicado un alargamiento previo de isquiosurales²⁴⁵. El protocolo de tratamiento se basaba en la aplicación de yeso de resina inguinopédico, al que se le realizaba un corte transversal detrás de la rodilla. En él se colocaban cuñas de base posterior, que permitían corregir la deformidad en flexo al realizar incrementos de extensión semanales de 5º.

La duración media del tratamiento con yeso fue de 30 días. Se evaluaron 46 pacientes con 75 rodillas en flexo y una edad media de 12,7 años. Desde un flexo medio de 16,7º se llegó a otro de 5,6º. Estos resultados se mantuvieron al año, si los pacientes eran menores de 12 años y tenían una contractura menor de 15º.

La tasa de complicaciones por problemas con las partes blandas relacionados con úlceras por presión fue de 17%, y la neuroapraxia transitoria se presentó en un 12% de los pacientes. Se documentó además un caso de subluxación posterior de tibia.

3.8.2. Alargamiento de isquiosurales a nivel de rodilla

El alargamiento de los isquiosurales, ha mostrado su eficacia en la mejora de la extensión de la rodilla antes del contacto inicial y durante la fase media del apoyo. Habitualmente se realiza de manera aislada en aquellas contracturas de rodilla con un flexo por debajo de 10º²⁴⁵. Como desventajas se han descrito la mayor incidencia de recidiva, la hipercorrección y el incremento en la inclinación anterior de la pelvis Deluca.

Técnicamente para incrementar la longitud de la unidad músculo-tendón, el músculo semitendinoso y el gracilis, permiten la sección del tendón en su porción intramuscular. El semimembranoso y el bíceps crural, se alargan habitualmente seccionando la aponeurosis que cubre el vientre muscular³⁴.

En el contexto de la cirugía multinivel, Dreher mostró como se deterioraban las mejoras clínicas y cinemáticas iniciales del alargamiento de los isquiosurales, tras un seguimiento de 12 años²⁴⁶. El aumento inicial de la inclinación anterior de la pelvis en un 49% de los pacientes, las recidivas, y el genu recurvatum presente en un 12% de los casos, son factores con los que se debe contar en la planificación del tratamiento.

3.8.3. Transferencia de isquiosurales mediales

Además de debilitar el predominio existente en la flexión de rodilla, diversas técnicas quirúrgicas han buscado potenciar el papel de los isquiosurales como extensores de cadera.

Inicialmente la técnica de Eggers, que consistía en la resinserción sobre los cóndilos femorales de la inserción distal de los isquiosurales, estaba diseñada para corregir el flexo de rodilla manteniendo la extensión de cadera²⁴⁷. Sin embargo la tendencia a recurvatum y la disminución en la longitud de paso, hizo que cayera en desuso.

Las técnicas que posteriormente se han implantado, buscan respetar los isquiosurales laterales y elegir una zona receptora del tendón lo suficientemente elástica, para no perjudicar la longitud de paso.

Metaxiotis redirige la función de la musculatura biarticular convirtiéndola en monoarticular y ofrece los resultados de la transposición del semitendinoso a la porción proximal del gastrocnemio medial sobre el cóndilo femoral²⁴⁸. El vientre muscular de éste último, se reanclaba en la parte posterior de la tibia proximal.

Tanto en la corrección referida en estático, como la del análisis cinemático se obtuvieron resultados favorables. La inclinación anterior de la pelvis durante el ciclo de marcha, no empeora, lo que sugería el mantenimiento de la función que a nivel proximal ejerce el semitendinoso.

Sin embargo, posteriormente Dreher con un seguimiento medio de 9.2 años, vio como la inclinación anterior media de la pelvis aumentó. En su estudio comparativo, no pudo demostrar diferencias significativas con la serie de alargamiento convencional en los isquiosurales²⁴⁹.

De Mattos presentó los resultados comparativos de la transferencia del semitendinoso y gracilis sobre el aductor magnus, versus el alargamiento de isquiosurales solo. La autora aumentó el seguimiento de la serie que previamente había publicado uno de los co-autores del trabajo²⁵⁰. Tras una media de 4,4 años, el grupo de la transposición tendinosa había obtenido mejores datos en la cinética de la extensión de cadera, lo que podía justificar la realización de la técnica. En los dos grupos la inclinación anterior de la pelvis empeoró. Para los autores, la explicación a este hecho se basa en la idea del mantenimiento constante de la relación de las posiciones entre fémur y pelvis. Este hecho obliga a que tras la corrección del flexo de rodilla, la colocación del fémur en una posición más vertical conlleve una mayor inclinación anterior de la pelvis.

3.8.4. Capsulotomía posterior de rodilla

Aunque esta técnica se describió inicialmente para corregir flexos de rodilla severos en la patología hemofílica y de origen reumatoide, dentro de la patología neurológica se ha usado en la poliomielitis y en el mielomeningocele^{251 252 253}.



Figura 31. Flexo de rodilla superior a 30°, tras capsulotomías y cirugía previa en los flexores de cadera, Los abordajes en cadera preceden a los mediales y laterales de rodilla. La corrección progresiva con yesos seriados con el paciente sedado, nos acerca a la deformidad en flexión de rodilla de 30°, lo que permite una corrección con menos riesgo de daño neurovascular.

Miller recomienda la capsulotomía, en vez de la osteotomía extensora, para corregir flexos entre 10° y 30°. Su técnica implica habitualmente, una apertura incompleta de la cápsula posterior²⁵⁵. Empezando por la incisión medial y tras alargar los isquiosurales, se secciona la inserción proximal del gastrocnemio medial y anterior a él, la cápsula posterior de rodilla adyacente. La actuación similar por lateral, solo se realiza en función de la extensión conseguida tras actuar en medial. Para evitar la inestabilidad posterior no se realiza la sección del cruzado posterior y la apertura de la cápsula respeta la inserción de los meniscos en la tibia.

La posibilidad de la recidiva precoz de la deformidad, señalada como uno de los problemas más frecuentes, se evita si durante 6 meses, se sigue el protocolo de uso de ortesis rodilla en extensión.

En el listado de posibles complicaciones se encuentran:

1. La neuroapraxia del nervio ciático.

Es la más frecuente y ocurre sobre todo si hay corrección simultánea del equino. Si se detecta clínicamente, se aconseja permitir que el tobillo se coloque en flexión plantar.

La resolución del déficit neurológico puede tardar de 12 a 18 meses.

2. El dolor neuropático.

Este puede asociarse a la lesión del ciático, y a la isquemia prolongada. Requiere un manejo precoz con antidepresivos como la amitriptilina.

3. La hipertensión arterial.

Presente tras la corrección de flexos severos en poliomielitis, también aparece en la parálisis cerebral infantil.

4. Síndrome compartimental.

Tras la cirugía se pueden producir lesiones vasculares con sufrimiento en la perfusión distal. La revascularización posterior, puede asociarse con un cuadro clínico compatible con este síndrome, lo que obliga a realizar una fasciotomía.

5. La inestabilidad medial.

Puede existir si se secciona el ligamento medial.

6. La inestabilidad posterior.

Aparece si se secciona la inserción de los meniscos en la tibia.

3.8.5. Cirugía de la insuficiencia del aparato extensor de rodilla.

Tras la corrección del flexo de rodilla, la migración a craneal de la rótula y la elongación del tendón rotuliano permanecen. La corrección de la posición de la rótula dentro del surco femoropatelar, facilita la resolución de la pérdida de extensión activa de la rodilla.

Stout y Novacheck basándose en la técnica de Chandler, describió la desinserción en la tuberosidad tibial anterior del tendón rotuliano y su transposición hacia distal en la tibia^{12 256}. El marco de descarga, desde la rótula a la tibia, realizado con material no reabsorbible, permitía la movilización precoz.

Como referencia para la nueva altura de la rótula, se recomienda que el polo inferior de ésta alcance las espinas tibiales. En edades por debajo de 10 años, la posibilidad de lesionar la fisis de la tuberosidad tibial es mayor. Para evitar el riesgo de epifisiodesis de la zona, relacionada con el uso del bisturí eléctrico, la desinserción del tendón patelar en distal se realiza con bisturí normal.

En casos de madurez esquelética, la inserción del tendón a nivel distal va incluida en una pastilla ósea que se recoloca en un nuevo lecho en la cara anterior de la metáfisis tibial con dos tornillos. Se emplea también en estos casos el marco de descarga para permitir la movilización precoz.



Figura 32. Descenso de rótula siguiendo la técnica descrita por Novacheck.

Los orificios del marco de descarga atraviesan la rótula proximalmente y distalmente, se sitúan caudales a los túneles que reciben la sutura tendinosa en la tibia. Gracias a él, se permite la movilización precoz.

Para realojar la rótula en el surco femoral, se han descrito distintas técnicas que acortan el alargado tendón rotuliano.

1-Beals realizaba un solapamiento de las dos mitades del tendón elongado. La sutura se protege mediante la inclusión de una aguja de Kirschner, introducida previamente de manera horizontal, en un yeso inguinopédico ²⁵⁷.

El autor presentó una cohorte de pacientes en la que empleó esta solución quirúrgica tras la corrección del flexo de rodilla. Las inmovilizaciones se mantenían 6 semanas. En pacientes esqueléticamente maduros, el tendón se reinsertaba más distalmente con la fijación de una pastilla ósea de la tuberosidad tibial en la cara anterior de la metáfisis proximal de la tibia.

En el estudio recogieron los buenos resultados obtenidos tras 39 intervenciones. Para corregir el flexo se empezaba por el alargamiento de los mediales y laterales, mediante abordaje medial y lateral, tras el que procedía a la sección del gastrocnemio y la cápsula sin sección del cruzado posterior.

2-Joseph divide el tendón en tres bandeletas de igual tamaño en el plano frontal, dejando dos a los lados y una central ²⁵⁸. En pacientes con la fisis de crecimiento de la tuberosidad anterior de la tibia, la bandeleta central se desliza hacia la cara anterior de la rótula y se sutura encima de ella. Las laterales se suturan sobre la zona distal de la ascendida. En los pacientes esqueléticamente maduros, las franjas de tendón lateral y medial, son las que se desinsertan distalmente y se colocan más caudalmente, por debajo de un colgajo perióstico previamente elaborado. La bandeleta central se sutura la porción más proximal de la cara anterior de la rótula. La inmovilización inguinopédica con yeso se mantiene igualmente 6 semanas.

4-Sossai divide el tendón patelar en el plano sagital en dos mitades y la mitad anterior la desinserta proximalmente, para tras descender la rótula, suturarla en la cara anterior de la misma ²⁵⁹.

Seidel en el único estudio biomecánico comparativo existente, permitió demostrar en la resistencia a la tracción, la superioridad del descenso de rótula sobre el acortamiento del tendón patelar ²⁶⁰.

El uso de estas cirugías del aparato extensor, solas o en combinación con la osteotomía extensora distal de fémur, se ha asociado en dos series de pacientes a un aumento de la inclinación de la pelvis:

-Klotz en un estudio realizado en 31 extremidades de 22 pacientes con nivel GMFCS II y III, mostró como la osteotomía extensora con el descenso de rótula sin cirugías sobre el recto anterior²⁶¹. La mejora media de 20,5º en la extensión de la rodilla en la fase media del apoyo, se acompañó con un mayor aumento de la inclinación anterior de la pelvis. El efecto de tracción del recto anterior podría estar detrás de ello, por lo que cabe preguntarse si tanto la resección a nivel distal, como la aponeurotomía del recto anterior a nivel proximal, podrían haberlo mejorado.

-Böhm encontró en un tercio de los 32 pacientes con niveles GMFCS I y II a los que no se realizó alargamiento de los isquiosurales y sí acortamiento del tendón patelar, un incremento de la inclinación anterior media de la pelvis de más de 5º durante el ciclo de marcha²⁶². Como factores relacionados, destacaron el aumento del tono en el recto anterior y la disminución de la extensión de cadera.

3.8.6. Crecimiento guiado en cara anterior de fémur distal

El término “crecimiento guiado”, hace referencia al efecto de bandas de tensión, que ejerce una pequeña placa metálica con dos tornillos colocados a un lado y a otro de la fisis. Al no lesionar el periostio, se evita el daño fisario que aparece en las grapas de Blount. Aunque se emplean en las desviaciones del plano frontal del esqueleto en crecimiento, también se ha descrito su aplicación a las encontradas en el plano sagital. Las referencias a la colocación en la parte anterior de la tibia distal para el equino de tobillo, o en la parte anterior del fémur distal para el flexo de rodilla, son recogidas en la bibliografía y reflejan la aparición gradual de una deformidad de vértice posterior que alinea la extremidad en ese plano²⁶³.

Klatt recogió los resultados del crecimiento guiado en un grupo de 23 pacientes, 12 de ellos con parálisis cerebral infantil, con una edad media de 10,8 años (rango 4-17) y flexos de rodilla por encima de 10º (rango 10-50)²⁶⁴. El alargamiento de los isquiosurales y los procedimientos quirúrgicos necesarios en cadera o tobillo, se realizaban simultáneamente. El flexo medio inicial de 23,4º pasó a 8º. La mejoría media fue de 15º al final del seguimiento medio de 14 meses, con un promedio de 1,3º al mes.

La rótula alta no necesitó ser corregida según estos autores, al no referir dolor ni limitación a la extensión activa. La subluxación posterior de la tibia, existente en algunos flexos, se corrigió en la extensión gradual de rodilla. La tasa de complicaciones fue baja con un caso de derrame de rodilla de repetición y una infección superficial. No hubo sobrecorrecciones y si un fenómeno de rebote de la deformidad tras la retirada de material. No se recogen casos de bursitis por el implante, ni el dolor en cara anterior de rodilla. Mac Williams presentó solo 4 casos de parálisis cerebral infantil con esta técnica, ofreciendo al menos los resultados cinemáticos en 2 de ellos²⁶⁵.

Las edades en el momento de la intervención eran 11 y 14 años y los flexos previos de con un rango de 7,5º a 22,5º. Los resultados a los 24 y a los 13 meses respectivamente mostraron mejorías en la corrección de la deformidad, menos en una rodilla. El problema de las molestias que la protrusión del implante produce en la cara anterior de la rodilla, se resolvió entre las 6 y las 12 semanas. Según el autor una de las ventajas de esta técnica es la de producir, comparándola con los alargamientos de isquiosurales o las capsulotomías, menos pérdida de flexión durante el periodo oscilante. En sus pacientes obtuvo mejoría en valores como el GDI, en parámetros temporo-espaciales y en la valoración funcional mediante niveles FAQ y la escala GMFM. Sin embargo, en solo uno de los 4 casos se consiguió la extensión completa.

3.8.7. Osteotomía extensora femoral distal.

La primera descripción de esta técnica, fue realizada por Osgood e inicialmente, se empleó en la

poliomielitis ²⁶⁶. Posteriormente, se recogió la experiencia obtenida en los tratamientos de pacientes con mielomeningocele, artrogriposis y hemofilia ^{267 268 269 270}.

La técnica permite una reducción del momento flexor en la rodilla de los isquiosurales y facilita la función de éstos como extensores de cadera ⁹. Al realizarse la corrección fuera del vértice de la deformidad en el plano sagital, la translación a posterior del fragmento distal resulta aconsejable para ajustar el eje anatómico y mecánico en el plano sagital.

Como inconvenientes se han señalado:

1º La corrección de la deformidad articular se realiza en una zona alejada del vértice de la deformidad real.

2º La incongruencia articular que la parte más convexa en la zona posterior de los cóndilos femorales, puede generar, al no coincidir con la forma existente en los platillos tibiales.

3º La pérdida del rango de flexión en los mismos grados que la extensión conseguida en la rodilla.

4º La posibilidad de recidivas en edades precoces. En la serie de pacientes artrogripióticos presentada por Del Bello, se encontró como la deformidad creada tras la osteotomía se corregía un grado por año, favoreciéndose así la reaparición de la deformidad.

La experiencia del grupo de Gage, permitió publicar a Stout un estudio comparativo entre la osteotomía extensora de fémur distal, el alargamiento de isquiosurales con descenso de rótula y la combinación de osteotomía con el descenso de patela ¹². Los resultados cinemáticos, y funcionales fueron más favorables en el último grupo. Healy en su estudio retrospectivo, mostró como tras la osteotomía femoral distal y el descenso de rótula, las curvas de longitud dinámica muscular de los isquiosurales, mejoraban en velocidad de contracción y en longitud muscular en un 80% y en un 94% de los casos respectivamente, sin que hubiese sido necesario actuar sobre ellos ¹⁰¹.

La serie de Das estudió de manera prospectiva los resultados de 14 pacientes, con marcha agachada severa y osteotomía extensoras de fémur distal fijadas con agujas de kirschner y manteniéndose el alineamiento con un yeso inguinopédico durante 6 semanas ²⁷¹. El descenso de rótula se asoció a la cirugía de fémur. A pesar de los prolongado de la inmovilización sus complicaciones fueron escasas.

La osteotomía mediante osteoclasia estudiada por por Morais, no permite la corrección de las alteraciones presentes en los otros planos y exige también una inmovilización prolongada, similar a la que recoge Das.

Por su similitud con la cohorte de pacientes presentada en este trabajo, las series de Stout, Das y Morais se analizan en profundidad posteriormente.

3.8.8. Corrección con fijadores externos

El uso de fijadores externos en la que existe una corrección gradual de la deformidad, puede ser una opción en casos complejos ²⁷².

Se han utilizado tanto fijadores circulares como los monolaterales, pero son estos últimos los que con más frecuencia se usan en pacientes con espasticidad.

Gutiérrez Carbonell publicó el único estudio que recoge la corrección de la deformidad en flexo de rodilla en parálisis cerebral infantil ²⁷³.

En todos los casos se realizó un alargamiento bilateral de ambos isquiosurales, previamente a la colocación del distractor monolateral por la cara externa. Éste se mantuvo una media de 4,8 semanas.

Colocado por la cara lateral hubo primero un periodo de distracción a razón de un mm/día, hasta llegar a los 5 mm de distracción, y posteriormente se corrigió el flexo.

El estudio observacional y prospectivo, recogía los resultados de 16 flexos de rodilla con una contractura media superior a 30°. Se realizó en 9 pacientes de 11,6 años de edad media y un seguimiento de 26,6 meses. La contractura media final de 8,5°, empeoró a 19,6° a los dos años. La extensión completa se consiguió a los 14-18 días y el fijador se retiró tras 4-8 semanas, iniciándose la rehabilitación y el uso de una férula postural por un periodo de 2-3 meses.

Hubo un 25% de casos de recurvatum, que no excedieron de 10°.

En 68% casos hubo infección del trayecto de los pines, que se resolvió con antibióticos orales.

Martin presentó una serie de pacientes adultos con flexos rígidos de rodilla de origen neurológico, tratados de manera similar con corrección gradual mediante fijadores externos unilaterales ²⁷⁴.

En este estudio los pacientes tratados tenían edades entre los 21 a 77 años y la deformidad media fue de 69°.

En todos los casos se añadió el alargamiento de isquiosurales mediales y laterales y en 35 de ellas la capsulotomía posterior. Tras un seguimiento entre 1 y 5 años, la contractura residual media fue de 6.2°. Se registraron 4 complicaciones cutáneas y ninguna neurovascular.

La corrección gradual con fijación externa, aunque es una alternativa de elección en deformidades complejas, la presencia de osteoporosis, distonías o falta de colaboración del paciente, pueden contraindicar su uso ⁹.

4. REVISIÓN DE LAS PUBLICACIONES Y COMUNICACIONES REALIZADAS EN LA TEMÁTICA ESCOGIDA.

La primera publicación nacional que recoge la aplicación de la cirugía multinivel y el análisis del movimiento para la toma de decisiones, fue publicada en 2013 ²⁷⁵.

En el estudio retrospectivo que realizamos a 26 pacientes de edades comprendidas entre 8 y 17 años, con un seguimiento medio de 16 meses, obtuvimos cambios favorables tanto cinemáticos como funcionales. La cirugía ósea se practicó a un 75% de los pacientes, realizándose 6 osteotomías distales de fémur extensoras de rodilla con descenso de rótula todas ellas. En otros 3 casos se hizo el descenso sin osteotomía y para mejorar el pico de flexión en fase oscilante, la resección distal del recto se realizó de manera estandarizada.

La extensión de rodilla durante la fase de apoyo y su rango dinámico durante el ciclo de marcha, fueron los parámetros que cambiaron más significativamente ($p < 0,001$). También mejoró la extensión de cadera en la fase de apoyo, pero no de forma estadísticamente significativa. En los parámetros temporo-espaciales si se aumentó la longitud de paso, pero no la velocidad.

En la valoración funcional de la escala FMS, sólo hubo un cambio significativo en la distancia de 50 metros. Con frecuencia, en esa distancia se pasó de un valor de 1 a otro de 2, reflejando el hecho de un menor uso de silla de ruedas en entornos similares a los encontrados en un colegio. No hubo cambios en las otras dos distancias de 5 y 500 metros. Dentro de las complicaciones señalamos una neuroapraxia del crural y dos del ciático poplíteo externo que revirtieron en menos de un año.

A pesar de la considerable magnitud de la cirugía y de la rehabilitación asociada, cerca de un 80% de las familias valoraron positivamente el tratamiento.

La población de pacientes estudiada, con frecuencia tenían necesidad de dispositivos de asistencia para caminar. Contrasta el alto porcentaje de pacientes con nivel GMFCS III, un 64% de casos, cuando habitualmente el que se observa en otros estudios similares es el GMFCS II.

Utilizando el análisis del movimiento como herramienta cuantitativa, se colaboró en el estudio realizado por Gómez Andrés para la evaluación de resultados de la intervención conocida como miofibrotomía, aplicada a los trastornos de la marcha ²⁷⁶. Su trabajo evaluó 22 pacientes con niveles funcionales II y III, analizados tras un seguimiento entre 3 y 7 meses. Aunque el análisis halló mejoras significativas ($p < 0,044$) en las habilidades funcionales de la escala GMFM 66, sólo 5 de 32 parámetros cinemáticos mejoraron. La dorsiflexión máxima en fase de apoyo del tobillo, el rango de flexión de cadera, y la rotación pélvica, registraron cambios positivos.

Al utilizarse el único índice valoración global existente en ese momento, el Índice de Normalización de la Marcha “Normalcy Index” conocido también como “Gillette Gait Index”, la extensión en la rodilla durante el periodo de apoyo, no fue evaluada. Hubo tendencia a la mejoría en la escala FMS en la distancia de 50 metros, aunque no resultó significativa desde el punto de vista estadístico.

Sin llegar a referir estudios cinemáticos, se presentó en el primer congreso de la SEOP, Sociedad Española de Ortopedia Pediátrica, la corrección del flexo severo de rodilla neurológica incluyendo pacientes con poliomielitis y mielomeningocele, mediante la corrección previa del flexo de cadera con la tenotomía del psoas a nivel de la pelvis, el alargamiento de los isquiosurales, la capsulotomía posterior y la aplicación de yesos seriados²⁷⁷. Siete años después sobre este mismo problema, en el congreso SECOT se presentó una serie de pacientes con parálisis cerebral infantil, en los que los últimos 30º para alcanzar la extensión completa se conseguían tras la osteotomía extensora distal femoral con acortamiento, lo que refleja el cambio de preferencia en este tratamiento²⁷⁸.

Por otro lado, la experiencia obtenida con las osteotomías hizo que presentáramos el primer estudio comparativo entre el implante tradicional y las nuevas placas de bloqueo²⁷⁹. La menor tasa de complicaciones y la versatilidad para obtener la mejor alineación posible en la extremidad, caracterizaron el nuevo sistema de osteosíntesis, sobrepasando el inconveniente de su coste.

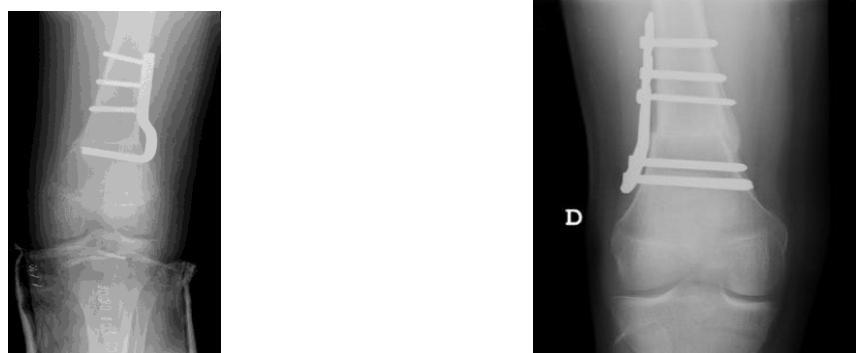


Figura 33. *Implantes utilizados en la osteotomía distal femoral extensora.*

En nuestra serie comparativa la versatilidad que como fijador interno mostró el nuevo implante, evitó los casos de valgo y de varo encontrados con el implante previo.

Durante el seguimiento de los pacientes se comprobó la migración a proximal y a posterior de los dos implantes, en aquellos pacientes esqueléticamente inmaduros²⁸⁰. Estadísticamente, debido a la situación más cercana a la cortical posterior del tornillo distal, el nuevo implante mostró más tendencia a atravesarla.



Figura 34. *Migración a proximal y posterior de los dos tipos de implantes durante el crecimiento.*

Al crecer el paciente, el desplazamiento gradual de los implantes colocados tras la osteotomía extensora, llegó a mostrar una tendencia a la rotura de la cortical posterior.

A la izquierda, la imagen muestra la posición alcanzada por la placa angulada con remodelación de la osteotomía extensora a los dos años de la cirugía.

A la derecha, localización de la placa LCP distal femoral de 90°, a los 18 meses de la cirugía.

La posibilidad de posponer la extracción de este material a edades más próximas a la madurez esquelética, permitía coincidir el tratamiento de las posibles recidivas, a la retirada del implante.



Figura 35. Crecimiento guiado en cara anterior de fémur distal.

La colocación de las placas en ocho en esa zona permite la extensión gradual de la rodilla. Las molestias asociadas a la protrusión del implante en su cara anterior y la variabilidad de los resultados, fueron recogidos en 12 flexos de rodilla en pacientes con parálisis cerebral infantil.

La corrección gradual del flexo de rodilla mediante crecimiento guiado, no pudo mostrar resultados uniformes en la serie presentada en Madrid. En la actualidad, no es nuestro tratamiento de elección por la variabilidad de la extensión conseguida en las rodillas de los pacientes tratados ²⁸¹.

Por último, el valor del GDI como herramienta de control evolutivo y de medición del resultado tras la cirugía multinivel, se mostró al realizar un estudio prospectivo cuyos resultados se presentaron en el Congreso de la Sociedad Española de Ortopedia Pediátrica ²⁸². Se observó cómo la mejora del GDI desaparecía a los 9 meses coincidiendo con el periodo de readaptación de la marcha tras la retirada de ortesis de reacción de tobillo.

A partir del año el incremento del GDI fue constante en este grupo, hasta alcanzar a los 18 meses una mejoría media de 22,6 puntos en el lado derecho y de 17 puntos en el izquierdo. El valor mínimo clínicamente significativo fue superado cerca de 4 veces.

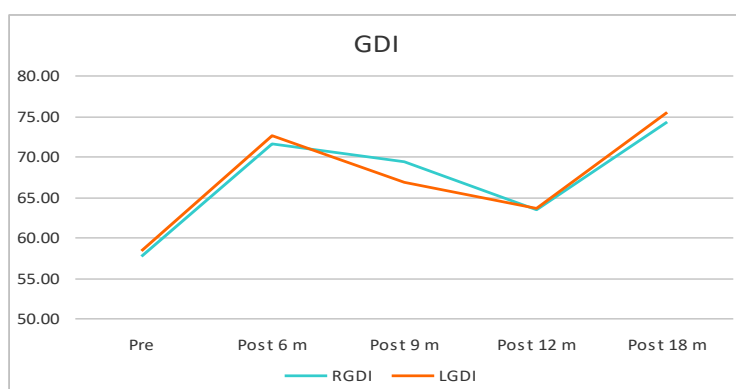


Figura 36. *Evolución del GDI izquierdo y derecho tras la cirugía multinivel.*

Las gráficas del lado derecho en verde e izquierdo en rojo, ofrecen un empeoramiento en torno a los 6 meses de la cirugía, momento de retirada de las artesas de reacción tobillo-pie. Con el mantenimiento de la rehabilitación, el acople de los momentos de fuerza flexión plantar del tobillo y extensión de rodilla, mejoró gradualmente, lo que permitió un aumento progresivo del GDI a los 18 meses.

3.10. ESTUDIOS DE COHORTES SIMILARES.

Los recientes trabajos sobre resultados del manejo quirúrgico de la forma más severa del patrón de marcha de agachada establecido por Rozumalsky, reflejan el estado actual del tratamiento⁵. Los antecedentes frecuentes de intervenciones previas y la disfunción del brazo de palanca distal en tobillo y pie, obligan a corregir la asociación de momentos de fuerza de la flexión plantar del tobillo y extensión de rodilla.

Debido a la magnitud del procedimiento quirúrgico, es el rápido deterioro funcional y el dolor en cara anterior de rodilla del paciente, el que con frecuencia anima a las familias y al paciente a aceptar el tratamiento propuesto.

El análisis de estos trabajos permite detectar áreas de mejora y, de encontrarlas, diseñar estrategias que permitan un tratamiento más completo.

Por orden cronológico la información aportada en cada una de las series, se exponen a continuación.

3.10.1. Serie de Rodda. "Correction of severe crouch gait in patients with spastic diplegia with use of multilevel orthopedic surgery"¹¹.

Rodda publicó el primer estudio de cohortes acerca del tratamiento de la marcha agachada severa, mediante cirugía multinivel. Diez pacientes fueron evaluados, con un seguimiento medio de cinco años, sin que en ninguno de ellos se emplease la osteotomía distal de fémur extensora o el descenso de rótula.

Los pacientes tuvieron una deformidad media en flexo de 17º, y todos presentaron dolor en cara anterior de rodilla. Como criterios de inclusión se escogieron datos cinemáticos. Durante el periodo de apoyo el flexo de rodilla superior a 30º, junto con una dorsiflexión de tobillo mayor de 15º y un déficit de extensión de cadera superior a 3º, permitieron seleccionar a los pacientes. Siete casos fueron clasificados en el nivel GMFCS III y tres en el GMFCS II. El antecedente de la cirugía de alargamiento de los flexores plantares se presentó en siete casos. El mismo número de pacientes requirieron una osteotomía desrotatoria proximal en fémur y el alargamiento del psoas intrapélvico se realizó sólo en cuatro.

La deformidad de la rodilla en flexo, se corrigió con el alargamiento de los isquiosurales y con la reconstrucción de la disfunción del brazo de palanca, se buscó la restauración de los momentos de fuerza en torno a la rodilla.

Las revisiones clínicas se realizaron con carácter trimestral el primer año. De esta manera, se evaluaba el cumplimiento del programa de rehabilitación y el uso de las ortesis de reacción.

En la evaluación cinemática se escogieron durante el periodo de apoyo la máxima extensión de rodilla y cadera, junto con la máxima dorsiflexión de tobillo. La inclinación anterior de la pelvis y los parámetros temporo-espaciales, completaron esa parte de la evaluación.

A pesar de que solo hubo 3 pacientes con nivel GMFCS II, se realizó análisis cinético en 4 casos al año y en 5 casos a los 5 años.

Se evaluaron los resultados clínica y funcionalmente, comparando la talla al año de la cirugía y los valores hallados en escala FMS y FAQ. Los momentos escogidos tras la cirugía para la valoración del resultado fueron el año y a los 5 años. El flexo de rodilla medio pasó de 17º a 6º al año y se mantuvo a los 5 años.

En una población con una edad media inicial de 12 años, el incremento de altura fue de 7 cm. La velocidad en la deambulación no mostró cambios ni al año, ni a los 5 años.

En la cinemática del periodo de apoyo, la máxima extensión de rodilla pasó de 44º de flexión a 13º al año y 17º a los 5 años, lo que supone un incremento de 26º. En la cadera la extensión pasó de 17º a 3º al final del seguimiento.

La dorsiflexión del tobillo mejoró pasando de 29º de media a 15º a los 5 años.

La inclinación media de la pelvis empeoró desde los 14º iniciales a los 28º al año, mejorando hasta los 24º a los 5 años. El aumento final de 10º se considera estadísticamente significativo.

La cinética realizada a sólo la mitad de los pacientes, no examinó la articulación de la cadera y mostró el descenso del patrón extensor de la rodilla, lo que implicaba una menor sollicitación del cuádriceps tras la cirugía.

El nivel de deambulación FAQ medio de 6, y el hecho de que sólo se utilizará la silla de ruedas en la distancia de 500 metros, describe una aceptable situación funcional previa.

La ausencia de las mejorías funcionales al año tras la cirugía, se ajusta a la observación de la normal aparición de éstas a los dos años señalada por Thomason.

El nivel medio obtenido en el cuestionario FAQ inicial fue de 6, pasando a 7 al año y a 8 a los 5 años.

En la escala FMS, al año se obtuvo un empeoramiento en la distancia de 5 metros. Sin embargo, tras 5 años, en esa misma distancia se dejó de depender de dispositivos de ayuda para caminar y en la distancia de 500 metros ninguno utilizó la silla de ruedas.

Se registraron 2 casos de parestesias y un caso de síndrome de dolor regional complejo

Análisis:

Este estudio recoge el empeoramiento en la inclinación anterior media en la pelvis, tras la mejora de la extensión de rodilla. El alargamiento de los isquiosurales mediales y laterales en seis casos, implicaba un debilitamiento en su papel como extensores de la pelvis y además la tenotomía del psoas a nivel pélvico solo se realizó en cuatro casos. Los propios autores entienden que teniendo en cuenta los estudios realizados con modelos virtuales de reflejados por Hoffinger y Delp, la cirugía en el psoas fue insuficiente⁶⁷.

Otro factor mencionado es la relación que establecen entre la corrección de la extensión de la rodilla en bipedestación y el aumento de la lordosis lumbosacra. Los autores sugieren como explicación que, al elevarse el centro de gravedad corporal, la adaptación que realiza el tronco para poder verticalizarse, se hace a expensas de la zona lumbosacra. La permanencia del tendón rotuliano elongado, refuerza la idea del descenso de rótula como una alternativa válida para potenciar el aparato extensor insuficiente. A pesar de no haberla realizado en ninguno de los 10 pacientes, los resultados globales en cuanto a extensión de rodilla fueron satisfactorios.

El estudio cinético realizado en algunos pacientes nivel GMFCS III, puede ofrecer resultados artefactados por el uso de dispositivos de asistencia manual. Además la elección del valor máximo del momento de fuerza extensor en el periodo de apoyo, puede presentar el sesgo de no estar relacionado con el apoyo unipodal sino con el de la respuesta a la carga.

Las complicaciones referidas pueden guardar relación con la tracción ejercida en el ciático tras el estiramiento de una deformidad en flexo de rodilla, después de la cirugía de partes blandas.

3.10.2. Serie de Morais. “Treatment of fixed knee flexion deformity and crouch gait using distal femur extension osteotomy in cerebral palsy”¹⁰.

El objetivo del trabajo de Morais fue evaluar los resultados del tratamiento realizado de 12 pacientes con marcha agachada y flexo de rodilla. La deformidad se corrigió en 20 extremidades inferiores mediante el alargamiento del gracilis y el semimembranoso y una osteotomía distal de fémur extensora realizada mediante osteoclasis. Para mejorar la extensión de la cadera, se realizó la transferencia del semitendinoso a la inserción distal del aductor magnus.

La inmovilización con yeso inguinopédico se mantuvo una media de 6 semanas.

Por niveles funcionales GMFCS, cinco pacientes fueron nivel II, seis pacientes nivel III y hubo un paciente nivel IV. En siete de los casos hubo antecedente de cirugía previa, habiéndose realizado en cinco de ellos el alargamiento del tendón de Aquiles.

El autor propuso el descenso de rótula en caso de presentarse inicialmente patela alta con insuficiencia a la extensión activa en la rodilla, y cuando existiera recidiva de flexo de rodilla tras la cirugía inicial. Con esta indicación se les realizó esta técnica a tres de los doce pacientes.

El flexo medio inicial de 15,9º, pasó a 5,7º tras un seguimiento medio de 28 meses.

Los datos cinemáticos reflejaron una mejoría significativa del valor medio de extensión máxima de la rodilla en la fase de apoyo. De la media inicial de 43,6º se pasó a 23º en la extensión de rodilla.

La extensión máxima de cadera no varió a pesar de haber realizado la transferencia del semitendinoso al aductor magnus y en 10 de los 12 pacientes, la tenotomía del psoas intrapélvico. A pesar de emplear estas técnicas y de que se evitó el alargamiento de los isquiosurales laterales, no se pudo impedir el aumento de la inclinación anterior de la pelvis. En valores medios, esta métrica pasó de 12º a 22º siendo este empeoramiento mayor en los pacientes mayores de 13 años. El dolor lumbar, compatible con síndrome facetario tras el aumento de la lordosis lumbosacra, fue referido en un paciente. Morais señala que el aumento de la inclinación anterior de la pelvis en dos pacientes con nivel GMFCS II, necesitaban tras la cirugía, dispositivos de asistencia manual para la marcha. Compaginar el ascenso del centro de masas asociado a la mejor extensión de la rodilla, con la necesidad de enderezar el tronco, aparecen son causas referidas de este hecho. Esta regresión en la escala FMS y en el nivel GMFCS, está descrita en las correcciones de marcha agachada severa.

Análisis:

A pesar del manejo adecuado de los agonistas y antagonistas de la pelvis en el plano sagital, el empeoramiento registrado en la pelvis es dos veces mayor, que el que recoge la serie de De Luca. La transferencia del semitendinoso a la inserción del aductor magnus, concebida para mejorar la extensión de cadera y evitar la antepulsión de la pelvis, no se mostró eficaz para evitarlo.

Solo hubo un caso con un flexo de rodilla mayor de 30º y la media inicial es inferior de la serie de Rodda, por lo que al requerir una corrección menos exigente, se justifica la tasa menor de complicaciones.

La frecuencia de cirugías de la disfunción distal del brazo de palanca, presente en la mitad de los pacientes, refleja las características de marcha agachada severa. La artrodesis subtalar, escogida para corregir el pie plano espástico, no se encuentra dentro de las recomendaciones actuales.

Finalmente, la osteotomía distal femoral con la extensión conseguida por osteoclasia, requiere la inmovilización prolongada con yeso inguinopédico, lo que hace más difícil la rehabilitación del paciente. Las limitaciones en la resolución de las alteraciones presentes en el plano transversal y frontal, y la imposibilidad para desplazar a posterior el fragmento distal para ajustar el eje mecánico en el plano sagital, son otras dos desventajas.

3.10.3. Serie de Stout. “Distal Femoral Extension Osteotomy and patellar advancement for crouch gait”¹².

Los autores revisaron mediante un estudio retrospectivo comparativo, los resultados de tres cohortes de pacientes con alternativas diferentes para tratar la marcha agachada.

El principio de tratamiento era corregir la contractura en flexo de rodilla y en aquellos pacientes con insuficiencia clínica a la extensión de rodilla, restaurar su momento de fuerza extensor mediante el descenso a distal de la rótula.

El estudio incluyó 73 pacientes, de los que 65 de ellos habían tenido cirugía previa con una tasa de alargamiento del tendón de Aquiles del 87%.

La edad media fue de 13,8 años y el seguimiento medio fue de 1,2 años

En 47 pacientes de la serie se realizó cirugía bilateral, escogiéndose uno de los lados para el análisis cinemático.

Por niveles funcionales de deambulación, 6 pacientes presentaban un el nivel GMFCS I, 35 un nivel II, 27 en III y 5 un nivel IV. El grupo de la osteotomía con descenso de rótula incluyó 33 pacientes, 16 pacientes fueron tratados sólo con osteotomía extensora y en 24 sólo se realizó el descenso de rótula.

La cirugía de la disfunción del brazo de palanca distal fue frecuente. De las 146 extremidades intervenidas, en 96 se practicó cirugía en el pie y en 52 se realizó la osteotomía desrotatoria de tibia.

Las imágenes radiológicas compatibles con exceso de sollicitación del aparato extensor de la rodilla fueron detectadas en 12 rodillas, cursando con dolor todas ellas. El dolor preoperatorio fue referido por 34 pacientes, sin que a nivel estadístico pudiese objetivarse mejoría del dolor. Tras la cirugía, el grupo en el que sólo se practicó el descenso de rótula, fue en el que menos cambios registró en cuanto a dolor.

La tenotomía del psoas intrapélvico se realizó en un 42% del total de los casos y la transferencia del recto anterior a los isquiosurales en un 34%.

La desrotación se realizó solo a nivel proximal y se practicó en 37 ocasiones.

El nivel FAQ previo era alto, con una media superior a 7, lo que imposibilitaba que hubiera grandes cambios funcionales tras el tratamiento. El salto mayor en esta escala fueron se dió en el grupo tratado con osteotomía y descenso de rótula, donde se pasó de un valor medio de 7,2 a otro de 8.

El índice de evaluación global de la marcha Gillette Gait Index, mejoró significativamente en todos los grupos menos en el del descenso de rótula. Las mejoras cinemáticas de la extensión de rodilla y de cadera en los niveles GMFCS III y IV, no fueron tan llamativas.

Los parámetros temporo-espaciales no mostraron cambios en ninguno de los grupos, al igual que el consumo de oxígeno.

La eficacia del descenso de rótula fue comprobada mediante el índice de Koshino. El valor inicial de 1,4 pasó a -2,3, en el grupo de la osteotomía más descenso. En el grupo con descenso de rótula solo, pasó de 1,5 a -2,9.

Se registraron 9 complicaciones en 49 osteotomías distales de fémur, siendo las más comunes el fallo en la obtención del eje adecuado, y la neuroapraxia distal, cada una ellas detectadas en 3 casos. Para evitar la neuroparaxia, se recomendó, evitar realizar esta técnica en flexos rígidos por encima de 30° y, sin lesionar la fisis de crecimiento, hacer la osteotomía lo más distal posible. Otros gestos aconsejables fueron, retirar la prominencia ósea posterior, habitualmente presente en el fragmento distal, y permitir la posición en flexión moderada de rodilla en el post-operatorio inmediato,

Los resultados por separado en los tres grupos fueron diferentes:

1- Grupo de pacientes en el que sólo se realizó la osteotomía extensora femoral distal:

El grupo de la osteotomía distal femoral sin descenso de rótula, presentó antes de la cirugía una contractura en flexo mayor. La contractura pasó de 19° a 5°, y sólo 6 de un total de 16 pacientes, consiguieron una corrección completa al final del seguimiento.

En la cinemática del ciclo de marcha, la extensión máxima en fase de apoyo mejoró solo 9°, de 40° a 31° y el rango dinámico durante el ciclo de marcha 5°, de 25° a 30°. La inclinación media de la pelvis empeoró. Ninguno de los cambios fue estadísticamente significativo.

A pesar de la mayor frecuencia de alargamiento en los isquiosurales laterales pacientes, la menor fuerza de extensión del cuádriceps tras la cirugía, se dio en este grupo.

2- El grupo en el que se realizó la osteotomía de fémur más descenso de rótula.

Se obtuvieron los mejores resultados en la exploración clínica y cinemática. La contractura cambió de 16° de media a -1°, y la extensión máxima media durante el periodo de apoyo mejoró 29°. Partiendo de una media de 38° iniciales se alcanzó un valor medio cercano a la normalidad de 9°. El rango dinámico de rodilla durante el ciclo se incrementó 22°.

Los valores medios de extensión de cadera no cambiaron.

Aunque los autores no aportan los datos exactos, exponen un deterioro estadísticamente significativo de la media de la inclinación anterior de la pelvis.

3- En el grupo en el que sólo se realizó el descenso de rótula:

La contractura media de rodilla pasó de 3° a -1°. La extensión máxima de rodilla en el periodo de apoyo mejoró de 27° a 10°. El rango dinámico de movimiento durante el ciclo de marcha ganó 14°, pasando de 32° a 46°. La extensión de cadera no registró cambios significativos pero si la inclinación anterior media de la pelvis.

Tras las diferencias cinemáticas observadas, los autores sostienen que tras la osteotomía extensora distal de fémur extensora ha de descenderse la rótula siempre.

Análisis:

El seguimiento medio de este trabajo es el más corto de las series publicadas sobre marcha agachada severa con flexo rígido de rodilla. En este periodo de tiempo cercano al año, no son esperables ganancias funcionales, por lo que no se encuentra dentro de las recomendaciones que McGinley sugiere para este tipo de estudios¹⁵⁰.

En la serie de pacientes a los que se realizó osteotomía solo, a pesar de haberse realizado más alargamientos de isquiosurales mediales y laterales, los valores medios obtenidos en la extensión máxima de rodilla de 31º, serían clasificados por Rodda como valores compatibles con una marcha agachada severa. El hecho de que fuera el único grupo, en el que no hubo un empeoramiento significativo de la inclinación media anterior de la pelvis, se puede relacionar con el déficit obtenido en el enderezamiento desde la rodilla. Los autores de este trabajo, coinciden con Rodda y Morais, acerca del papel del tronco en la etiopatogenia de este problema.

La corrección del plano transversal realizada a nivel proximal, implica una osteotomía a doble nivel en el fémur, y responde al criterio del grupo de evitar así la lesión del ciático. Los porcentajes de la corrección en este plano llegaron al 35% del total de procedimientos del grupo de la osteotomía femoral solo y al 14% del total en el grupo de osteotomía con descenso.

La tenotomía del psoas intrapélvico se realizó en 42 ocasiones de las 146 extremidades intervenidas, un 28,7% del total.

El nivel funcional medio inicial con una puntuación media que supera el nivel 7, refleja como la población de pacientes tenía una deambulación con bastante autonomía en interiores y exteriores, a pesar de contar con 5 pacientes nivel GMFCS IV. La realización de un análisis del movimiento en este último grupo de pacientes resulta difícil por la mala coordinación existente en el tronco y las extremidades inferiores.

Puede discutirse si al ser un estudio retrospectivo, la clasificación en este nivel se debe a un deterioro funcional de un nivel funcional GMFCS III.

El hecho de que el GGI no mostrase mejoría estadísticamente significativa en el grupo del descenso de rótula y si lo hiciera el grupo de pacientes a los que se hizo solo la osteotomía, puede explicarse por qué la flexión mínima de rodilla en la fase de apoyo no figura entre los 16 parámetros que configuran este índice.

La cuestión de si el descenso de rótula ha de realizarse siempre que se haga una osteotomía extensora, sigue siendo objeto de debate.

3.10.4. Serie de Joseph. "Management of severe crouch gait in children and adolescents with cerebral palsy"²⁵⁸.

El autor presentó un estudio retrospectivo realizado en 17 pacientes deambulantes con afectación bilateral espástica y marcha agachada severa en edades comprendidas entre los 10 y los 17 años, con una edad media de 12,5 años.

No disponían de los sistemas de análisis del movimiento, por lo que el criterio de inclusión establecido fue la falta de extensión completa en la rodilla al caminar, con la presencia en bipedestación de una flexión de rodilla igual o superior a 30º.

Como tratamiento se optó por una estrategia quirúrgica secuenciada diferente. En un primer tiempo, en decúbito supino se corregía la deformidad en flexión de rodilla mediante una osteotomía de acortamiento femoral y la potencia extensora de esta articulación se mejoraba acortando el tendón rotuliano. En un segundo tiempo, 6 semanas después y con el paciente en decúbito prono, los isquiosurales eran debilitados como flexores de rodilla y la extensión de cadera promovida mediante la transferencia del semitendinoso al aductor magnus.

La presencia de deformidades fijas de rodilla, el ángulo poplíteo normal y el modificado, junto con el rango pasivo del movimiento se midieron antes de la cirugía.

La fuerza del cuádriceps se evaluó con la escala de Kendall en los 17 pacientes y en 10 de ellos, de manera instrumentada con dinamómetro de mano. La espasticidad fue medida por la escala de Asworth modificada.

El índice de Insall se utilizó para ver los cambios en la altura de la rótula tras el descenso de la misma.

Se empleó como medida indirecta de gasto energético el "Physiological Cost Index", entendiendo por él, el cociente resultante entre la resta de la frecuencia cardiaca tras el paseo de 50 metros con la frecuencia cardiaca en reposo, dividida por la velocidad empleada en esa distancia.

La función de la deambulaci3n se estudi3 mediante la escala FMS en las distancias de 5, 50 y 500 metros y en lugar de la clasificaci3n GMFCS, se us3 la clasificaci3n de Hoffer, descrita previamente para describir la necesidad de ayudas en la marcha en pacientes con mielomeningocele³⁵².

Todas las variables se midieron a los 2 a3os de la cirugía. El seguimiento m3s corto fue de 24 meses y el m3s largo de 72.

En el primer tiempo la longitud habitual del segmento de f3mur reseado oscilaba entre los 2,5 y los 3,5 cm. La osteosíntesis se realiz3 con placas recta a nivel diafisario. La extensi3n completa se consigui3 en 15 pacientes. En solo dos casos fue necesario extender el fragmento distal, estim3ndose la inclinaci3n del fragmento distal en unos 15º.

Despu3s de la fijaci3n interna se realiz3 el acortamiento del tend3n patelar. En pacientes esquel3ticamente maduros, el tend3n se dividi3 longitudinalmente en tres franjas de igual anchura y espesor, desinsertando distalmente las dos laterales y llevando la r3tula hacia distal. Una vez que ésta alcanzaba la altura adecuada, se reinsertaban las bandeletas laterales con túneles 3seos en la zona metafiso-diafisaria de la tibia, cubri3ndose posteriormente con colgajos de periostio. La franja de tend3n central redundante se suturaba en la cara anterior de la patela.

En pacientes esquel3ticamente inmaduros, las franjas laterales se seccionaban cerca de la patela y se reanclaban proximalmente sobre su polo superior, suturando la franja central redundante en la cara anterior de la r3tula.

La extremidad permanecía inmovilizada 6 semanas en un yeso inguinop3dico.

Por la presencia de contracturas en flexi3n de cadera y para minimizar el riesgo de inclinaci3n anterior de la pelvis, los autores realizaron en ese mismo tiempo quir3rgico la tenotomía del psoas intrap3lvico en tres pacientes y la del recto proximal en otros dos.

La rehabilitaci3n se iniciaba despu3s de tres meses de inmovilizaci3n, buscando ganar movilidad y fortalecer el cuádriceps. No se autoriz3 la carga hasta que no se hubiese observado una buena consolidaci3n en la osteotomía femoral. A ning3n paciente se le coloc3 ninguna ortesis tobillo-pie, salvo en un caso al que se le realiz3 una triple artrodesis en el pie. Los autores describen una recuperaci3n rápida tras tres semanas de rehabilitaci3n.

Todos los parámetros clínicos salvo la espasticidad de los isquiosurales, medida en la escala de Asworth mostraron mejoría. La deformidad en flexi3n, el ángulo poplíteo y el ángulo poplíteo corregido disminuyeron. La fuerza del cuádriceps evaluada con la exploraci3n manual y con la instrumentada, mostr3 mejorías estadísticamente significativas.

El flexo medio de rodilla preoperatorio paso de 22º pas3 a 2º.

La menor dependencia, tanto en distancias dom3sticas como en exteriores, se consigui3 al obtener cambios en la escala FMS en las distancias de 5, 50 y 500 metros, donde se pas3 de 3,1,1, a 5,3,3.

10 de los 17 pacientes que eran deambulantes domésticos y 2 durante las sesiones de fisioterapia, alcanzaron el nivel de demabulantes comunitarios.

Como indicador de gasto energético, el Physiological Cost Index mejoró en 3 del total de 7 pacientes a los que se les pudo registrar.

Antes de la cirugía todas las rótulas estaban localizadas por encima del surco femoropatelar con imágenes de avulsión o alteraciones en la osificación de la tuberosidad tibial anterior. Después del tratamiento, las rótulas normalizaron su índice de Insall y desaparecieron las imágenes radiológicas de sobresolicitud del aparato extensor.

La fuerza del cuádriceps pasó de 3 a 4 en la escala de Kendall y en la prueba del dinamómetro, el aumento en la potencia de extensión inicial desde la flexión de rodilla, fue el doble que el conseguido cuando la rodilla estaba extendida.

Análisis:

El hecho de que dentro de las cirugías asociadas no se haga referencia al manejo de la disfunción del brazo de palanca distal, hace que esta población de pacientes se diferencie del estadio de marcha agachada severa establecido por Rozumalski ⁵.

Gracias al acortamiento femoral, no se recogieron complicaciones como la neuroapraxia. Ésta si apareció en los pacientes de las series de Rodda, Morais o Stout. En sólo dos casos, se apreció como complicación, un recurvatum moderado de unos 5º.

La resolución del flexo solo con acortamiento del fémur, cuestiona que en los flexos de rodilla la cápsula posterior esté afectada. En solo dos ocasiones se tuvo que inclinar el fragmento distal para conseguir la extensión. El hecho de que los pacientes no hubieran utilizado con anterioridad la silla de ruedas, puede explicar la posible menor incidencia del acortamiento de las estructuras capsulares posteriores.

Para los casos en los que hubiese una pequeña contractura en extensión residual tras el acortamiento, el autor recomendaba tratarla mediante yesos seriados.

Acerca del aumento de la potencia extensora de la rodilla, la mayor fuerza encontrada en la extensión desde los momentos iniciales de la rehabilitación, apoyan la técnica escogida para sus autores. Ninguno de los pacientes refirió dolor patelar, a pesar de encontrarse con frecuencia imágenes de sobrecorrección en el descenso de la patela. Al respetar la zona de inserción distal, no hubo problemas de epifisiodesis anterior de la tuberosidad tibial anterior como el referido por Stout.

La carencia del análisis del movimiento, fue utilizada como justificación para la falta de conclusiones acerca de cambios en la inclinación anterior de la pelvis.

Dentro de los parámetros de exploración física, el ángulo poplíteo corregido no se justifica de manera adecuada. En el artículo, el autor no explica si la mejora del ángulo poplíteo se relaciona con flexos de cadera ipsilaterales, o con insuficiencia de extensores de la pelvis.

Dentro de las técnicas quirúrgicas asociadas, ni la tenotomía del psoas intrapélvico ni las soluciones que comúnmente se ofrecen para arreglar la disfunción del brazo de palanca distal, se recogen con la frecuencia presentes en otras series.

La transferencia del semitendinoso a la inserción distal del aductor magnus es defendida por Morais, Selber, Young, y De Mattos. En el trabajo de esta última, es donde se ha conseguido demostrar la mejora del momento extensor de cadera. El efecto tenodesis sobre la pelvis, también puede ser esgrimido como una posible ventaja.

3.10.5. Serie de Das. "Supracondylar femoral extension osteotomy and patellar tendon advancement in the management of persistent crouch gait in the management of cerebral palsy" ²⁷¹.

En este trabajo se estudió de manera prospectiva, el resultado de 26 osteotomías distales extensoras distales de fémur, fijadas con agujas percutáneas de Kirschner de 3 mm de diámetro, cruzadas desde lateral y medial.

La técnica se realizó en una cohorte de 14 pacientes con una edad media de 13,6 años (rango 11-16). Sólo cuatro habían sido intervenidos previamente, siendo el alargamiento de isquiosurales la técnica empleada.

A todas las rodillas se le realizó el descenso de rótula tras la desinserción distal del tendón, utilizando hilo no reabsorbible siguiendo la técnica de Kracow para la tracción a distal.

Dentro de los criterios de selección, fue requerido el tener el potencial de deambulación en la distancia de 50 metros.

El seguimiento medio fue de 2,48 años rango (1,6-3).

En solo uno de estos pacientes se encontró espasticidad en el psoas, y en cuatro de las 28 rodillas, un 14% del total, se requirió el alargamiento de los isquiosurales.

No se mencionan ningún caso en el que fuese necesario acortar o desrotar, ni tampoco cirugías de corrección del brazo de palanca a nivel distal.

La inmovilización con un yeso inguinopédico se mantuvo durante 6 semanas y la movilización empezó a partir de la 8ª semana post-cirugía.

La valoración funcional se realizó en la escala FMS sólo en la distancia de 50 metros.

No se utilizó el análisis cinemático y la evaluación de la marcha se hizo mediante la Physician Rating scale.

Los resultados mostraron una corrección en el flexo de 12º de media desde 22,5 hasta 10º.

La estimación visual siguiendo la escala Physician Rating Scale pasó de de 0,5 puntos en la marcha agachada a 2.

En la FMS de 50 metros, se pasó desde una media 3,78, hasta otra de 5,35.

Los cambios favorables del dolor y el índice de Koshino, fueron significativos.

En el análisis de complicaciones no hubo retrasos de consolidación, hubo un solo caso de neuroapraxia, dos de irritación de la piel por las agujas y un caso de fractura avulsión de rótula.

Análisis.

El estudio, presentado como prospectivo, hace referencia a la eficacia de la corrección de la deformidad en flexo mediante una osteosíntesis poco estable, que requería una inmovilización prolongada.

No se mencionan las técnicas que habitualmente acompañan a la osteotomía distal de fémur en el contexto de la cirugía multinivel, por lo que la inexistencia o no corrección de la disfunción del brazo de palanca a nivel distal de rodilla, aleja a esta serie del concepto clásico de marcha agachada severa establecido por Rozumalsky ⁵.

El criterio de inclusión capaz de caminar 50 metros asistido, nos coloca con un nivel medio FAQ mínimo entre 5 y 6, lo que unido al predominio de pacientes con nivel GMFCS II, implican un aceptable control motor en estos pacientes.

La técnica descrita, al igual que la escogida por Morais, no menciona la necesidad de la traslación a posterior del fragmento distal, aconsejable para respetar la reconstrucción el eje mecánico en el plano sagital.

La estandarización del descenso de rótula en todos ellos, justificada por el criterio radiográfico de patela alta, permite con independencia de la osteotomía, asegurar parte de la corrección del flexo.

La carencia del análisis cinemático, resta fiabilidad a la valoración de los resultados.

Aspectos como la flexión máxima de rodilla durante el periodo oscilante o el rango dinámico de rodilla existente en el ciclo de marcha, son entre otros, algunos de los datos no examinados.

La falta de estudios cinemáticos, al igual que en la serie de Joseph, priva del análisis de la inclinación anterior media de la pelvis, tan frecuente tras este tipo de cirugía.

3.10.5. Serie de Sossai. "Patellar tendon shortening for flexed knee gait in spastic diplegia" ²⁵⁹.

En este estudio retrospectivo se revisan los resultados de tres tratamientos quirúrgicos para la marcha en flexión de rodilla, en los que el denominador común es el acortamiento del tendón rotuliano.

Al emplearse en dos de los grupos la osteotomía distal de fémur, la similitud con la serie de Stout es clara ¹².

En las tres cohortes de pacientes el flexo de rodilla causaba fatiga, dolor, o condicionaba la marcha hacia el uso dispositivos de ayuda en los sujetos tratados.

El primer grupo recoge los casos a los que se les realizó esta cirugía en la rodilla sin osteotomía femoral, en el segundo se analizan aquellos a los que se les añadió una osteotomía desrotatoria a nivel distal para corregir la anteversión femoral y en el último, el que más se asemeja a nuestra serie, se revisaron los resultados del grupo en el que se combinó con la osteotomía extensora distal de fémur.

La distribución del número de enfermos por cada uno de estos grupos fue de 5, 9 y 10, respectivamente. En el último de ellos, además fue necesario desrotar en 7 pacientes.

En total se realizaron 19 osteotomías extensoras femorales distales.

En este nuevo abordaje terapéutico, el tendón rotuliano era dividido en el plano sagital en dos mitades, dejando la posterior sin desinsertar. La anterior se cortaba en la inserción de la patela, y se realizaba una sutura de reanclaje en el polo proximal de la misma. Tras descender la patela a la altura requerida, se suturaba la mitad anterior en su cara anterior. La mitad posterior que mantenía el tendón íntegro se suturaba a la porción de la anterior.

La indicación para bajar la rótula fue la de acortar la excesiva longitud del tendón rotuliano, junto con un déficit en la extensión activa de rodilla superior a los 10°.

La altura de la rótula fue medida con el índice de Koshino.

Los criterios de inclusión fueron:

- Pacientes con nivel funcional GMFCS II y III.

- La presencia de flexo fijo de rodilla entre 10 y 20°, junto con un déficit de extensión activa en dicha articulación mayor de 10°.

- La presencia en este mismo grupo de pacientes, de una flexión de rodilla en el contacto inicial mayor de 20° y un déficit de extensión activa de rodilla mayor de 10°.

El término, marcha con rodilla flexionada, objeto de estudio de esta serie, admite el patrón de marcha en salto, que por otra parte, es considerado por Romuzalsky como un estadio previo a la marcha agachada ⁵.

Los flexos mayores de 20° fueron tratados previamente con un alargamiento percutáneo del semitendinoso y estiramiento de la rodilla con yeso y ortesis, tres meses antes de la cirugía definitiva.

20 pacientes fueron nivel GMGCS II y 6 fueron nivel III.

El seguimiento medio fue de 21.8 meses, y 16 años la edad media de los pacientes en el momento de la intervención. Se emplearon criterios radiológicos, clínicos y cinemáticos en la evaluación de resultados, sin que hubiese valoración funcional.

La corrección de la disfunción del brazo de palanca distal mediante la osteotomía desrotatoria de tibia y la corrección del pie plano se practicó en 5 pacientes, un 19,2% del total.

Solo un paciente de los 24, necesitó la corrección completa del brazo de palanca en fémur y tibia de manera bilateral.

En 16 pacientes, un 66% de la serie, se alargaron los isquiosurales mediales.

En un 8,3% se realizó cirugía para el flexo de cadera. En tres casos se realizó la tenotomía del psoas.

El flexo medio en la rodilla fue de 11,25º y pasó a 2,75º. Antes de la intervención la pérdida de extensión activa en la rodilla fue de 14,7º, y al final del seguimiento fue de 9º.

Siguiendo la evaluación de la escala de Asworth, hubo una reducción de la espasticidad en los extensores y flexores de rodilla, estadísticamente significativa.

La media de extensión máxima de la rodilla en la fase de apoyo mejoró 22º. De 42,5º se pasó a 20,5º, mientras que, en la cadera, la extensión solo se incrementó 1,7º.

La flexión máxima de rodilla en la fase oscilante empeoró 14,1º, al igual que el rango de movimiento que disminuyó una media de 17,4º.

La inclinación anterior media de la pelvis aumentó 6,5º. Los autores atribuyeron el resultado en la pelvis al alargamiento de los isquiosurales presente en un 66% de pacientes y al efecto que el acortamiento del tendón rotuliano, podía ejercer en la pelvis.

El GPS mejoró significativamente en todos los grupos. Se observó un descenso del mismo desde una media previa de 17,7º a 13,1º. En conjunto, la diferencia fue 2,8 veces el valor mínimo clínicamente significativo. La diferencia tras el tratamiento fue mayor en los pacientes más afectados. Este grupo se encontró en la cohorte en la que se realizó la osteotomía extensora y en ella se alcanzó una diferencia en grados de 4,2 veces el valor clínicamente significativo.

Las complicaciones se presentaron en 8 casos, un 33% del total de pacientes. Un paciente sufrió la pérdida de la reducción de la osteotomía por mala técnica de colocación de la placa, dos tuvieron infecciones superficiales en la herida y tres úlceras en el talón que no requirieron tratamiento prolongado.

Análisis.

El empleo del término de marcha con rodilla flexionada en vez de agachada, establece una diferencia en el grupo de pacientes tratados con respecto a otras series. La posición en flexión mayor de 15º de la rodilla en el contacto inicial, fue el utilizado por Haumont para catalogar éste patrón diferenciándolo así del de la marcha agachada, por lo que no todos los pacientes presentaban marcha agachada severa²⁰⁹. La técnica de acortamiento del tendón rotuliano expuesta, se aplica de manera independientemente a la madurez esquelética del paciente. Como en el caso de la técnica de Joseph, se intenta preservar la

inserción proximal y distal de parte del tendón patelar, para evitar los problemas que podría causar su pérdida de continuidad.

La indicación de la osteotomía extensora, es similar a la propuesta en otras series.

El nivel funcional GMFCS II presente en 20 de los 26 pacientes, así como el flexo medio de rodilla previo y la tasa de 4,1 cirugías por proceso multinivel, reflejan una afectación global de los pacientes menos importante que en otros trabajos. Esta idea se corrobora al comprobar la ausencia de cirugías previas y el escaso número de casos en los que se necesitó la corrección del brazo de palanca distal.

La ausencia de valoración funcional, al no presentar valoración en la escala FMS, o en el cuestionario FAQ, aleja el estudio de las recomendaciones que Goldberg sugiere para la evaluación de resultados ¹³.

Como en el resto de las series, la inclinación anterior de la pelvis empeoró de manera estadísticamente significativa con un valor medio de 6,5°. La extensión de cadera apenas varió.

La disminución de la flexión máxima de rodilla en fase oscilante, se explica por dos factores. El primero por el hecho de que en la marcha agachada, es común que el paciente alcance flexos superiores a los 60° durante todo el ciclo de marcha. Es por ello, por lo que el descenso de este valor no necesariamente implica un mal resultado. El segundo porque no se realizaron cirugías como la transferencia o la resección del recto anterior, favoreciéndose la tendencia a la marcha con rodilla rígida. Por esta misma razón puede explicarse la disminución del rango dinámico de la rodilla durante el ciclo de marcha.

La mayoría de los pacientes GMFCS II con valores peores de GPS son los que tienen mayor posibilidad de mejorar, ya que el límite de mejora del índice siempre estará condicionado por el control motor menos deteriorado habitualmente en este nivel funcional que en aquellos pacientes con nivel GMFCS III. La gran mejoría detectada en el índice GPS en los pacientes más deteriorados biomecánicamente, se encuentra en el contexto de las conclusiones de Hinden sobre el valor predictivo de este índice de valoración global de la marcha.

6-PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO REALIZADO.

6.1. Justificación.

La corrección de las contracturas en flexo de rodilla mediante la osteotomía bilateral extensora distal de fémur en el contexto de la cirugía multinivel, constituye un escenario quirúrgico exigente. Para justificar su realización, el esfuerzo posterior de fisioterapia y el costo sociosanitario, se precisa una demostración objetiva de la mejora de la deambulación y de la función del paciente.

La aparición del aumento de la inclinación anterior de la pelvis tras la corrección de la marcha agachada es una constante en todas las series publicadas ^{10 11 12 259}. Por ello resulta necesario buscar nuevas estrategias quirúrgicas, ortésicas y de rehabilitación, que permitan disminuir esta hiperlordosis. El impacto funcional de la misma, tal y como señala Morais, puede acarrear una mayor demanda de dispositivos de ayuda para caminar ¹¹.

Atendiendo al papel que la hiperlordosis tiene en el flexo de rodilla, su manejo en quirófano permite actuar a distancia en dicha articulación, tal y como demostraron los estudios realizados en modelos virtuales presentados por Delp ⁶. Además del músculo iliopsoas, el papel que otros flexores de cadera como el recto anterior ejercen en el aumento de la inclinación anterior de la pelvis, ha sido sugerido por Matsuo y Troung ^{199 229}.

Aunque los resultados cinemáticos de la cirugía en el recto anterior a nivel proximal no han mostrado mejoras significativas, el papel que ésta tiene en la disminución del flexo fijo de rodilla, no ha sido descrito. Conseguirlo permitiría una menor resección ósea en forma de cuña base anterior, en la osteotomía distal femoral extensora y en consecuencia, aminorar los problemas asociados a la inclinación anterior de los cóndilos femorales ³³⁷. Para demostrarlo se realizó un estudio paralelo en pacientes en situación similar, comprobando si la magnitud de la corrección del flexo de rodilla alcanzaba significación estadística tanto tras la tenotomía del psoas a nivel pélvico, como posteriormente, con la aponeurotomía del recto anterior.

De mostrarse eficaz esta secuencia de gestos quirúrgicos, se mantendría la función de los isquiosurales como extensores de la pelvis, y se abordaría uno de los factores etiopatogénicos responsables del aumento de la inclinación anterior de la pelvis.

La metodología prospectiva recomendada por McGinley, fue elegida para disminuir la variabilidad interobservador asociada a la recogida de datos en la historia clínica ¹⁵⁰.

La elección de los tres pilares para la evaluación de los resultados de los tratamientos en parálisis cerebral infantil recomendados por Goldberg, valoración técnica, funcional y grado de satisfacción, permiten un análisis global de los resultados ¹³.

Se optó por la evaluación instrumentada cuantitativa, por tener una menor variabilidad inter-observador y una mayor sensibilidad tanto para detectar cambios, como valoración técnica ^{353 354 355 356 357 358}.

Para la detección de cambios funcionales se emplearon escalas como la escala de movilidad funcional, Functional Mobility Scale (FMS), el cuestionario de deambulación funcional o Functional Ambulatory Questionnaire (FAQ).

La situación previa y posterior al principio y al final del seguimiento de la estratificación de pacientes en los niveles GMFCS, también fue registrada.

Por último, el grado de satisfacción de las familias ha sido evaluado mediante la evaluación semicuantitativa utilizada en el laboratorio de análisis del movimiento ³⁴⁴.

Solo las series de Terjesen y Lee, ofrecen valoraciones similares en esta faceta de análisis de resultados ^{208 359}.

Ante la ausencia de estudios comparativos sobre la capacidad de predicción de resultados reconocida con el Gait Profile Score (GPS) y sugerida con el Gait Deviation Index (GDI), diseñamos un estudio destinado a valorar las posibles diferencias en la capacidad que estos índices ofrecen para pronosticar los efectos que la cirugía multinivel tiene en la cinemática del ciclo de marcha ¹⁸.

6.2. Toma de decisiones y técnicas quirúrgicas más empleadas en la serie de pacientes.

Desde el punto de vista ortopédico la marcha agachada rígida severa, necesita para su tratamiento reparar la deformidad en flexo en ambas rodillas, corregir los acortamientos de la unidad músculo-tendón y restaurar el momento de fuerza extensor normalmente presente en dichas articulaciones ^{11 12}.

La toma de decisiones se basó en la identificación de los problemas primarios y en la aplicación de la matriz diagnóstica referida por Graham ³⁴.

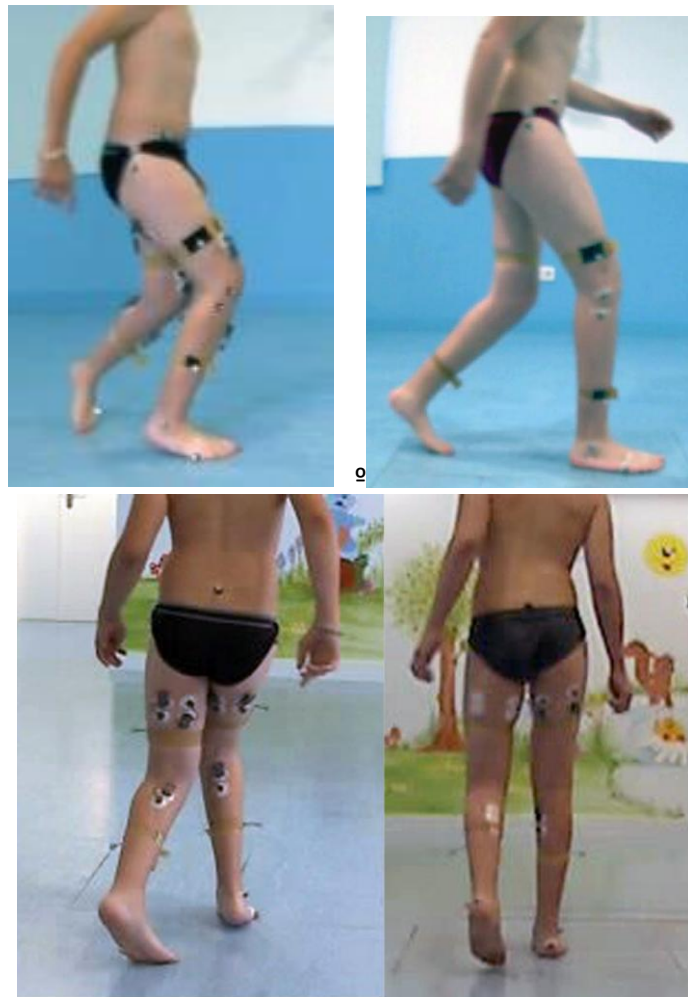


Figura 37. *Realineación de las extremidades inferiores tras la cirugía multinivel.*

En las imágenes superiores, se muestra la flexión de rodilla durante la respuesta a la carga a la izquierda antes de la intervención y a la derecha después.

En las imágenes inferiores, la visión posterior del plano frontal ofrece a la izquierda, la imagen antes de la cirugía a la izquierda y después de la misma a la derecha.

Siguiendo estos principios de corrección, las opciones quirúrgicas que contemplamos para el tratamiento de los problemas de partes blandas o los localizados en hueso y articulaciones, se recogen por segmentos anatómicos en la Tabla 6.

Tabla 6. Técnicas quirúrgicas habituales por segmentos anatómicos.

Tomado de "Cirugía músculo-esquelética multinivel en parálisis cerebral infantil " (I.Martínez Caballero)

"Parálisis cerebral Infantil: manejo de las alteraciones músculo- esqueléticas asociadas" Ed.Ergón 2.016

TABLA II. Técnicas comunes.		
Cirugía músculo-esquelética multinivel (Técnicas habituales)	Cirugía de partes blandas	Cirugía osteo-articular
Pelvis	<ul style="list-style-type: none"> - Tenotomía de psoas intrapélvico. - Tenotomía parcial de recto anterior. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dega si trirradiado y cadera reductible. - Ganz si no trirradiado y cadera reductible. - Shelf vs. Chiari si no reductible.
Fémur proximal	<ul style="list-style-type: none"> - Tenotomía de aductor largo percutánea. 	<ul style="list-style-type: none"> - Osteotomía intertrocanterea: varizante ± desrotatoria. - Osteotomía desrotatoria.
Fémur diafisario		<ul style="list-style-type: none"> - Osteotomía desrotatoria diafisaria (enclavado bloqueado vs. elástico en torre Eiffel).
Rodilla	<ul style="list-style-type: none"> - Alargamiento de isquiotibiales, bíceps crural. - Transferencia de recto anterior a flexores de rodilla. - Resección distal de recto anterior - Alargamiento "intramuscular" recto anterior. - Capsulotomía 	<ul style="list-style-type: none"> - Osteotomía desrotatoria. - Osteotomía extensora ± desrotatoria. - Descenso de rótula.
Tibia		<ul style="list-style-type: none"> - Osteotomía desrotatoria de tibia.
Tobillo-Pie	<ul style="list-style-type: none"> - Baumann. - Strayer/Vulpius. - Alargamiento de Aquiles. - Alargamiento tendinoso porción intramuscular (Frost). - Alargamiento tendón peroneo lateral corto porción intramuscular. - Hemitransposición tibial anterior a tercera cuña. 	<ul style="list-style-type: none"> - Osteotomía desrotatoria tibia distal. - Hemiepifisiodesis medial maléolo interno.
Pie	<ul style="list-style-type: none"> - Fasciotomía plantar. - Tenotomía abductor primer dedo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Endortesis seno del tarso. - Osteotomía de Mosca en calcáneo. - Osteotomía dorsal de adición de primera cuña. - Osteotomía de sustracción de primer metatarsiano de base plantar. - Artrodesis talonavicular. - Triple artrodesis. - Artrodesis primera metatarso falángica en dorsiflexión.

Las técnicas quirúrgicas que caracterizaron a la serie fueron:

6.2.1. Cirugía realizada en la cadera.

6.2.1.1. Tenotomía de psoas intrapélvico

Indicaciones

- Signo de Thomas positivo con fuerza de flexión de cadera 4/5 en la escala de Kendall asociado a :
 - 1º Presencia en las gráficas cinemáticas de:
 - Falta de extensión completa en la segunda mitad del periodo de apoyo.
 - Aumento de inclinación anterior de la pelvis.
 - Aumento de rango dinámico de pelvis superior a 20º.
 - 2º Mejoría de más de 20º en la extensión de rodilla, tras la maniobra de ángulo poplíteo corregido.

Abordaje

Desde la espina ilíaca antero-superior y sobre el eje longitudinal del sartorio, se realiza una incisión de 5-6 cm. de longitud. Al llegar a su fascia, suele apreciarse un plexo vascular de pequeñas ramas procedentes de la arteria y vena circunfleja femoral lateral, que conviene cauterizar. El nervio femorocutáneo aparece en ocasiones sobre el vientre del sartorio, cruzándolo diagonalmente de medial a lateral, siendo necesario aislarlo y movilizarlo hacia donde menos dificulte el acceso al músculo iliaco. Para identificar este último, la colocación y tracción en sentido opuesto desde el borde interno del sartorio de dos Farabeuf de pala larga y ancha, facilita su visualización por encima de la pelvis. La fascia que recubre el músculo iliopsoas se abre longitudinalmente unos 2 cm. y se accede por debajo de él a la palpación la rama ilio-pubiana, mediante disección roma.

Técnica

A través de la apertura en ojal de la fascia, se realiza la disección con el dedo índice, buscando palpar exclusivamente el plano óseo, alejándonos así del nervio crural y de los grandes vasos. Sobre este plano y en dirección a la sínfisis púbica, se palpa el tendón del psoas con el dedo índice del lado no dominante del cirujano. Éste se encuentra incluido en el cordón muscular que dirigiéndose al trocánter menor presenta una marcada tensión. Para llegar a él, deslizamos la punta ancha y roma de un disector curvo sobre el borde radial del dedo. En el momento en que la punta del disector contacta con la zona tensa, hacemos que salte por encima de ella rodeando así desde medial, el cordón que forma el tendón y músculo. Este se visualiza traccionando con el disector hacia arriba y usando separadores de Langebeck. Para alcanzar la porción tendinosa se separan las fibras musculares con un periostotomo. Una vez encontrada, y para confirmar que la estructura expuesta no es el nervio crural, la zona más periférica se estimula con el bisturí eléctrico, comprobando así la ausencia de contracción en el cuádriceps.

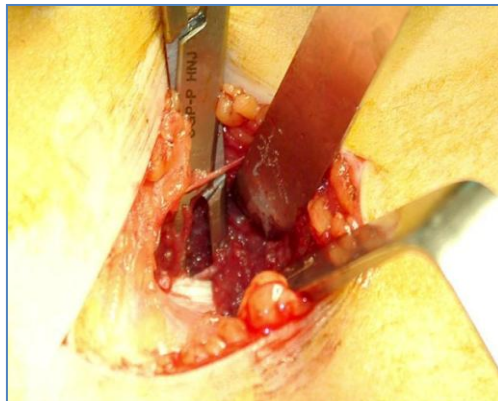


Figura 39. Visualización de tendón del psoas tras apartar el músculo con periostotomo. La colocación del disector curvo por debajo de su borde medial protege las estructuras neurovasculares.

Tras su sección, se comprueba la mejoría del signo de Thomas y la corrección parcial del flexo de rodilla. Con frecuencia es necesario repetir la maniobra de palpación y sección del tendón del psoas, ya que no solo es habitual dejar porciones del mismo intactas, si no que además, tal y como señala Crompton, la presencia de un tendón bífido en el psoas es más frecuente de lo esperado³⁶¹.

6.2.1.2. Alargamiento aponeurótico intramuscular del recto anterior

Indicaciones

- Signo de Thomas positivo con flexo de cadera y rodilla en extensión con:
 - 1º Presencia en las gráficas cinemáticas de:
 - Falta de extensión completa en la segunda mitad del periodo de apoyo.
 - Aumento de inclinación anterior de la pelvis.
 - Aumento de rango dinámico de pelvis superior a 20º.
 - 2º Mejoría de más de 20º en la extensión de rodilla tras el ángulo poplíteo corregido.

Abordaje

Utilizando el mismo abordaje se accede a la espina iliaca anteroinferior, en la que se inserta la porción directa del recto anterior.

Distalmente a ella se identifica la estructura del tendón conjunto que caudalmente se va transformando en aponeurosis.

Técnica

La disección roma a ambos lados del recto utilizando disector curvo, permite identificar la altura en la aponeurotomía, exponiendo desde su inserción proximal 5-6 cm del mismo.

Lo más distal que la incisión permita, se seccionan con bisturí eléctrico las fibras de la aponeurosis que confluyen para formar la porción tendinosa que cubre el músculo. De observarse sólo tendón, se alarga la porción intramuscular del mismo. Posteriormente, se comprueba el beneficio obtenido en la corrección del flexo de cadera y de la rodilla.



Figura 40. Sección de la aponeurosis o de la porción tendinosa intramuscular del recto anterior a nivel proximal.

Tras asegurar la hemostasia y realizar el lavado de la zona, se sutura primero la fascia del sartorio con puntos sueltos reabsorbibles y se completa el cierre hasta piel con material similar.

6.2.2. Cirugía realizada en la rodilla

La osteotomía extensora distal de fémur, la resección del recto anterior a nivel distal y el descenso de rótula, fueron técnicas características de nuestra cohorte de pacientes.

6.2.2.1. Osteotomía distal femoral extensora

Indicaciones

- Deformidad de rodilla en la que está limitada la extensión pasiva de la rodilla entre 10º y 30º.
En flexos más severos, y para evitar lesiones neurovasculares, se realiza previamente un alargamiento de isquiosurales, opcionalmente la capsulotomía posterior, y con la aplicación de gradual con yesos seriados de estiramiento, se avanza en la corrección del flexo hasta alcanzar los 30º.
La reorientación hacia neutro de la cara anterior de la articulación, se contempla como parte de la técnica.

Abordaje

La incisión lateral sobre el tercio distal del fémur, permite acceder a la zona metafisodiafisaria realizando la disección por debajo del vasto lateral.
Se visualiza el lugar de la osteotomía, tras colocar bajo el periostio un separador de Hohman anterior y otro posterior.
Al llegar a los vasos geniculados a nivel distal, el abordaje ha de detenerse para evitar lesionar la fisis de crecimiento.

Técnica

Se describe a continuación el modo en el que, con modificaciones respecto a la técnica recomendada, la placa pediátrica distal de fémur LCP 90º (Synthes^R) se empleó en las 20 osteotomías de la serie.

El primer paso es la colocación de la aguja de Kirschner inicial, en la metáfisis distal del fémur desde la cortical lateral. El punto de entrada está situado en su eje longitudinal y a 2 cm proximalmente a la fisis de crecimiento distal. La introducción correcta de la aguja paralela a la línea fisaria, se comprueba con la escopia, y sobre ella se coloca el instrumento posicionador. Con la rodilla en la extensión máxima posible, la parte rectangular de la pieza debe estar en línea con la prolongación del eje de la pierna. Tras obtener esta alineación, han de pasarse 2 agujas Kirschner de 1,8 mm de diámetro paralelamente a la línea fisaria, a través de los orificios anterior y posterior que el posicionador tiene para ellas.



Figura 41.

Osteotomía distal femoral extensora. Colocación del posicionador sobre aguja de Kirchner en fémur distal.

La porción rectangular del dispositivo debe estar en la prolongación del eje de la pierna. Se consigue así que las agujas de Kirchner den la referencia adecuada para la osteotomía distal.

Para calcular el nivel de la osteotomía, se introduce sobre las agujas de Kirschner metafisarias, una placa LCP con las dos guías de broca fijadas a nivel distal. Tras aproximar la placa a la cortical lateral, el lugar en el que la placa se angula, se marca sobre el hueso y se usa como referencia para saber donde se realiza la osteotomía distal.

La inclinación que tiene la línea que marcan las agujas metafisarias, debe seguirse a la hora de realizar el primer corte en el hueso a nivel distal. Para formar la necesaria cuña triangular de base anterior, el corte proximal se orienta perpendicular al fémur, haciendo que coincida en la cortical posterior con el distal.

En flexos cercanos a los 30º, la extensión se consigue con la resección de una cuña ósea de base anterior con forma trapezoidal, lo que permite acortar el fémur y disminuir así el riesgo de lesiones vasculares.

Una vez realizada la osteotomía se coloca la placa pasando las agujas de Kirschner fijadas a la metáfisis distal femoral, a través de las guías de broca que se encuentran roscadas en los dos orificios más distales.

Tras colocarla sobre la cortical lateral, se usa el medidor para conocer la longitud que la aguja mantiene dentro del hueso. Ésta se sustituye después por el primer tornillo distal de bloqueo hasta alcanzar la cortical medial, utilizando un destornillador dinamométrico calibrado hasta los 1,5 Newton de fuerza. Con esta medida se consigue que la cabeza roscada del tornillo se fije a la placa.

En función del peso paciente y del tamaño del fémur, se utilizan los tornillos de pequeños fragmentos con tornillos de 3,5 mm de diámetro o los de grandes con 5 mm de diámetro. En este último caso, para realizar el orificio del tornillo es preciso pasar una broca de 2,8 mm a través de su guía ensamblada a la placa.

El procedimiento se repite para introducir los otros dos tornillo distales.

Una vez colocada la placa en el fragmento distal, se reduce la osteotomía y se realinea la rodilla en los tres planos del espacio. El cirujano ha de mantener la placa LCP en línea con la diáfisis, mientras el asistente persigue obtener el eje anatómico adecuado para la extremidad inferior.

Como referencia para la corrección del plano transversal, se utiliza la inclinación de los cóndilos femorales sobre el plano de la mesa. La situación habitual en la que el cóndilo lateral está más alto que el medial, se corrige hasta nivelarlos.

Para mantener la reducción de la osteotomía, se introduce a través de la guía de broca de bloqueo, una broca a través de la cortical lateral y medial del fragmento proximal. Su introducción se realiza manteniendo la placa alineada con el fémur.

Durante la colocación de los tornillos debe procurarse que el implante no se aproxime a la cortical lateral para evitar la inclinación de la línea bicondílea articular. Para ello con un escoplo de Martin situado medial a la placa

en la zona proximal, durante la introducción final de los tornillos colocados en ese fragmento, se realiza un empuje hacia lateral, evitando así que la placa bascule el fragmento distal hacia valgo.

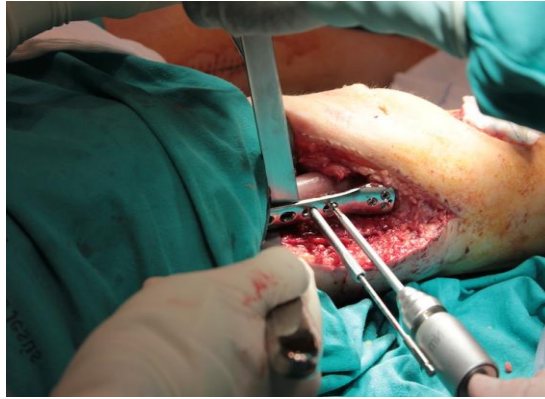


Figura 42. Osteotomía distal femoral extensora. Colocación de tornillos.

Tras estimar la reducción correcta, ésta se mantiene temporalmente con la colocación de una broca a través de su guía, en el fragmento proximal. El primer tornillo colocado en él, será de compresión cerca de la osteotomía. Para evitar la desviación en valgo, es necesario mantener horizontal la línea que forman los cóndilos femorales en la articulación. Con ese objetivo, ha de evitarse que la placa se pegue a la cortical en el fragmento proximal. Para ello puede ser necesario empujar la parte proximal de la placa desde su parte cercana a la cortical en sentido lateral con un separador de Martin, mientras se introducen los tornillos.

Para mejorar la consolidación, se opta por que el primer tornillo del fragmento proximal sea el de compresión, colocado en la zona más próxima de la osteotomía.

Gracias a la función que como fijador interno que tiene el implante, se consigue que la osteosíntesis sea estable a pesar de que la placa quede despegada de la cortical lateral. El espesor del vasto lateral permite que no existan problemas relacionados con la protrusión del implante.



Figura 43. Resultado radiográfico de una osteotomía distal femoral extensora y descenso de rótula.

El papel de la placa como fijador interno, permite que no sea necesario contactar con la cortical femoral. El descenso de rótula con el polo inferior a nivel de las espinas tibiales revela una altura adecuada de la rótula. Al ser un paciente esqueléticamente maduro, el anclaje distal se realizó con tornillos canulados colocados sobre una pastilla ósea que incluía la inserción tibial del tendón patelar.

6.2.2.2. Descenso de rótulas

Para restaurar el momento de fuerza extensor en la rodilla cuando la patela está alta, necesitamos alojarla de nuevo en el surco femoropatelar. Para tal fin, se escogió la técnica descrita por Stout y Novacheck, en la que se avanza hacia distal su inserción en la tibia¹². Para no perder solución de continuidad en el tendón, como medida de seguridad no se desinsertaron sus márgenes lateral y medial.

Indicaciones

- Presencia de patela alta medida en la radiografía lateral de rodilla a 30º de flexión, cuando el polo inferior se encontraba proximalmente a la línea de Blumensaat e insuficiencia en la extensión activa en los últimos 10 o más grados, antes de llegar al límite de la extensión debida a la deformidad.
- Recidiva de flexo tras osteotomía extensora y patela alta.

Técnica

Se respetan las inserciones del tendón rotuliano en sus porciones medial y lateral, con un tamaño ambas no superior a 0,5 cm.

Se disecciona el resto del tendón, aproximadamente 4/5 partes del mismo, desde el polo inferior de la rótula hasta la tuberosidad tibial anterior. En esta localización para evitar el daño fisario, se desinsertó distalmente con bisturí frío la porción central del tendón. Después, se realizó una sutura de Krackow en sus bordes lateral y medial utilizando un hilo de Vicryl de 2/0, con entrada y salida desde distal. Desde los cabos que salían a cada lado, se tracciona hacia distal para descender la rótula.



Figura 43. Preparación del tendón antes de ser reinsertado distalmente.

Para favorecer la movilización precoz, se empleó un marco de descarga usando un material no reabsorbible de nombre Fibertape (Arthrex®). Este se introduce perpendicularmente en la rótula a través de un túnel realizado con ayuda de una broca canulada, para poder también traccionar hacia distal.

Distalmente a la fisis de crecimiento de la tibia se incide en forma de “Y” dos colgajos del periostio, apartándolos a lateral y medial para tallar dos túneles horizontales, uno proximal y otro distal, separados entre sí 1-2 cm.

A través del primero se cruzan los cabos que están a cada lado de la sutura de Vicryl® de 2/0 y a través del segundo los cabos del hilo del marco de descarga. Tras colocar la rótula con el polo inferior situado a la altura de las espinas tibiales con la tensión adecuada para mantenerla en ese lugar, se anudan las suturas. Los cabos de estos nudos se cubren con el colgajo de periostio tallado previamente y las bandeletas lateral y medial del tendón respetadas, se suturan sobre los bordes del tendón descendido.

Una vez llevada a distal la rótula, la flexión pasiva de la rodilla debe permitir llegar hasta los 60º.

En aquellos pacientes esqueléticamente maduros, la inserción del tendón en la tibia se incluye en una pastilla ósea rectangular de dimensiones 3 x 5 cm, fijándose en un lecho previamente labrado a nivel distal, con dos tornillos canulados. Para la movilización precoz, también se coloca el marco de descarga.

6.2.2.3. Resección distal de recto anterior

La técnica realizada en los pacientes de la serie, fue descrita por Presedo ²⁴⁸. Se buscaba con ella tanto mejorar la flexión de la rodilla en la fase oscilante, como facilitar el descenso de la rótula. El tiempo quirúrgico necesario para su realización y la eficacia recogida en la bibliografía, hicieron de ella la técnica de elección en 9 de los 10 pacientes.

Indicaciones

- Rigidez de rodilla, con retraso de pico de flexión en fase oscilante, y signo de Duncan Ely positivo.
- Aparición de doble joroba en la gráfica de rodilla al inicio del periodo oscilante
- Actividad E.M.G. de recto anterior en fase oscilante.
- Facilitación del descenso de rótula.

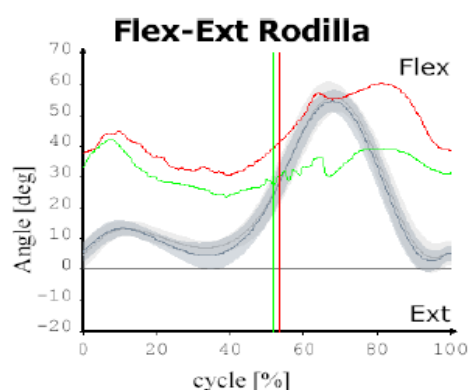


Figura 44. Gráficas cinemáticas en el recto anterior espástico.

En ambos lados el pico de flexión de la rodilla en la fase oscilante está disminuido en su altura. Se retrasa en su aparición y presenta un trazado en forma de doble joroba. Estos tres hechos revelan espasticidad y activación fuera de fase en el recto anterior.

Técnica

A través de una incisión longitudinal de unos 4 cm en la línea media del tendón cuádriceps y 3 cm por encima de la rótula, se profundiza hasta identificar la unión del vasto medial con el recto anterior. Es sobre esa zona, donde mejor puede encontrarse el plano de clivaje los separa y diferenciándolo del vasto intermedio. Tras identificar este plano, se disecciona el tendón liberando sus bordes lateral y medial.

Debe evitarse en lo posible entrar en la capsula articular y de ocurrir, debe repararse la apertura con hilo reabsorbible.



Figura 45. Disección de recto anterior previa a la resección.

Tras desinsertar el tendón cerca del polo superior de la rótula, traccionamos de él para identificar su extremo proximal y seccionarlo.

6.3. REHABILITACIÓN Y CUIDADOS ORTÉSICOS POST-CIRUGÍA

El uso de inmovilizadores de rodilla y los yesos suropédicos son necesarios durante las primeras 6 semanas .

La movilización activa y pasiva de la rodilla y de la cadera se inicia desde el segundo día tras la retirada de los drenajes tipo redón. El límite de 30º de flexión en ambas articulaciones, se fija para permitir cicatrizar la nueva inserción distal del tendón rotuliano y no poner en riesgo la consolidación ósea.

Los ejercicios isométricos de cuádriceps, junto con los del glúteo mayor y la flexión de cadera contra resistencia se inician a las 48 horas.

La pauta de ejercicios realizados se explica a las familias para que los continúen el domicilio.

Al mes de la cirugía, bajo sedación, se moviliza la rodilla hasta alcanzar los 90º. Además, se retiran los yesos suropédicos y se toma el molde de la ortesis de reacción tobillo-pie. Los nuevos yesos, más ajustados y respetando los 90º entre el tobillo el pie, deben mantener la colocación del talón en neutro, un buen arco plantar y las cabezas de los metatarsianos deben estar alineadas respetando la horizontalidad.

La bipedestación se inicia con los inmovilizadores de rodilla y los nuevos yesos. Las ortesis tobillo-pie se colocan dos semanas después. Es habitual realizar un periodo de prueba de tolerancia y ajuste biomecánico, buscando la colocación de la tibia perpendicular al suelo.

La ortesis tobillo-pie de reacción se encuentra integrada al calzado, formando con él una sola pieza. La parte posterior del zapato abatible y regulable, permite la entrada del pie y se ajusta después al talón para mantenerlo en neutro ¹⁶⁵.

Tras el periodo de ajuste inicial, las revisiones trimestrales han de incluir siempre la inspección del estado de la ortesis y su ajuste.



Figura 46. Ajuste de la colocación del vector de reacción durante el uso ortésico.

El recurvatum de la rodilla derecha y el flexo en la izquierda fueron corregidos con una cuña trapezoidal bajo el zapato derecho. La flexibilidad de las deformidades y la ausencia de alteraciones en el plano transversal en la tibia, es condición necesaria para el uso de las ortesis y sus ajustes posteriores.

La ortesis de reacción va incorporada a un zapato con apertura y cierre gradual posterior. Este hecho facilita la entrada y salida del pie.

En la Tabla 8. se presentan por objetivos, y duración de tratamiento, las 5 etapas de rehabilitación en las que se divide el periodo de recuperación.

Tabla 7. Objetivos de las etapas de tratamiento por niveles funcionales.

ETAPA	OBJETIVOS	TRATAMIENTO	DURACIÓN DEL TRATAMIENTO
Post-operatoria inmediata: (1ª a 4ª/6ª semana)	<ul style="list-style-type: none"> - Disminuir dolor e inflamación. - Fortalecer tronco y extremidades - Recomendar pautas domiciliarias a los padres. - Evitar rigidez articular y muscular. 	<ul style="list-style-type: none"> - Movilización precoz tras 24-36 horas (si autoriza el cirujano). - Crioterapia. - Cinesiterapia activa y resistida de extremidades - Técnicas contracción-relajación (agonistas /antagonistas). - Ejercicios isométricos. 	Ejercicios domiciliarios: 1 hora/2 veces al día.
Fase de Consolidación: aceptación carga – ajuste ortésico- ganancia de rango de movilidad. (4ª-8ª semana)	<ul style="list-style-type: none"> - Disminuir dolor y miedo. - Verticalización y control de tronco. - Regular tono y ganar movilidad. - Ajuste ortésico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Control motor. - Estiramientos. - Plano inclinado. - Cinesiterapia analítica /asistida. 	Ingreso hospitalario 1-2 semanas /1 hora al día.
Reeducación de la marcha I: - GMFCS I y II: 8ª semana. 7-8 meses - GMFCS III: 8ª semana 12º mes. - GMFCS IV: 8ª semana 12/18 meses.	Mejorar elasticidad muscular, estabilidad articular, control motor selectivo, resistencia cardiopulmonar, equilibrio y propiocepción.	<ul style="list-style-type: none"> - Ejercicios cadena cinética abierta y cerrada. - Control motor. - Disociación de extremidades. - Transferencia de peso. - Paso de sedestación a bipedestación. 	3 días a la semana /1 hora al día.
Reeducación de la marcha II: - GMFCS I y II: 8ª semana. 7-8 meses - GMFCS III: 8ª semana 12º mes. - GMFCS IV: 8ª semana 12/18 meses.	Mejorar elasticidad muscular, estabilidad articular, control motor selectivo, resistencia cardiopulmonar, equilibrio y propiocepción.	<ul style="list-style-type: none"> - Ejercicios cadena abierta y cerrada. - Control motor. - Disociación miembros inferiores. - Transferencia a posición de caballero. 	3 días a la semana /1 hora al día.
Entrenamiento Fuerza-Equilibrio: - GMFCS I y II: 8-9 – 18 meses. - GMFCS III: De 12-18 meses. - GMGCS IV: de 12 – 18 meses.	Mejorar elasticidad muscular, estabilidad articular, y resistencia cardiopulmonar.	<ul style="list-style-type: none"> - Máquinas de fortalecimiento muscular. - Circuito de equilibrio. - Tapiz rodante con suspensión de peso. - Estiramientos. 	2 días semana / 1 hora al día.

La presencia mayoritaria de pacientes GMFCS III, con 7 casos, precisaron una agenda de recuperación diferente a la de los niveles GMFCS II.

Los cuidados, la duración de la estancia post-operatoria y las indicaciones para el periodo posterior son similares en todos los pacientes niveles hasta la octava semana. A partir de ese momento, se emplean pautas de trabajo diferenciadas, según los objetivos funcionales fijados en cada grupo GMFCS.

En pacientes GMFCS II, la retirada de las ortesis puede iniciarse en torno a los 9 meses, en función de la capacidad del cuádriceps para mantener la extensión de la rodilla. El uso de plantillas que eleven el arco plantar y de botas que mantengan la perpendicularidad de la tibia con respecto al suelo, facilita la independencia del uso de las ortesis. Ésta, depende de la existencia de un acoplamiento adecuado de los momentos de fuerza de los flexores plantares del tobillo con los extensores de rodilla, ligado en buena parte al control motor selectivo del paciente. En pacientes con nivel GMFCS III, la contracción del cuádriceps se vuelve ineficaz, por lo que con frecuencia son dependientes de ellas.

6.4. METODOLOGÍA HABITUAL DE EVALUACIÓN DE RESULTADOS

La metodología en la medición de resultados post-tratamiento en parálisis cerebral infantil publicada por Goldberg, permanece vigente más de 25 años después de su publicación ¹³.

Los estudios realizados con anterioridad en el Centro, siempre se han basado en la aplicación de estos tres pilares de la evaluación de resultados ³⁴³.

6.4.1. VALORACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA

La valoración científico-técnica con los parámetros del análisis instrumentado del movimiento, ofrece las ventajas de una evaluación cuantitativa y objetiva de la deambulación. La fiabilidad y reproducibilidad de los datos obtenidos, comparado con la exploración física convencional, hacen que este tipo de análisis sea el más usado en las publicaciones relacionadas con el tratamiento quirúrgico. Además de parámetros temporo-espaciales, valores cinemáticos en el ciclo de marcha como la extensión máxima de la rodilla durante el periodo de apoyo o el rango de movimiento de esta articulación, fueron escogidos para cuantificar la mejoría en el ciclo de marcha.

La flexión máxima en el periodo oscilante fue desestimada como parámetro capaz de detectar mejorías. Este mismo criterio ha sido seguido en la mayoría de las series que han precedido a la presentada, debido a la frecuente presencia en marchas agachadas severas, de una flexión constante por encima de 60º ^{10 11}.

La valoración global de la marcha con los índices GDI y GPS, constituyen de por sí, herramientas de evaluación que han permitido recomendar tratamientos quirúrgicos.

La capacidad de predecir la magnitud de los cambios se ha establecido con claridad para el GPS ¹⁸. Aunque la correlación entre ellos es clara, nos planteamos comparar la consistencia del GDI como valor predictivo del resultado, comparándola con el GPS ^{16 17}

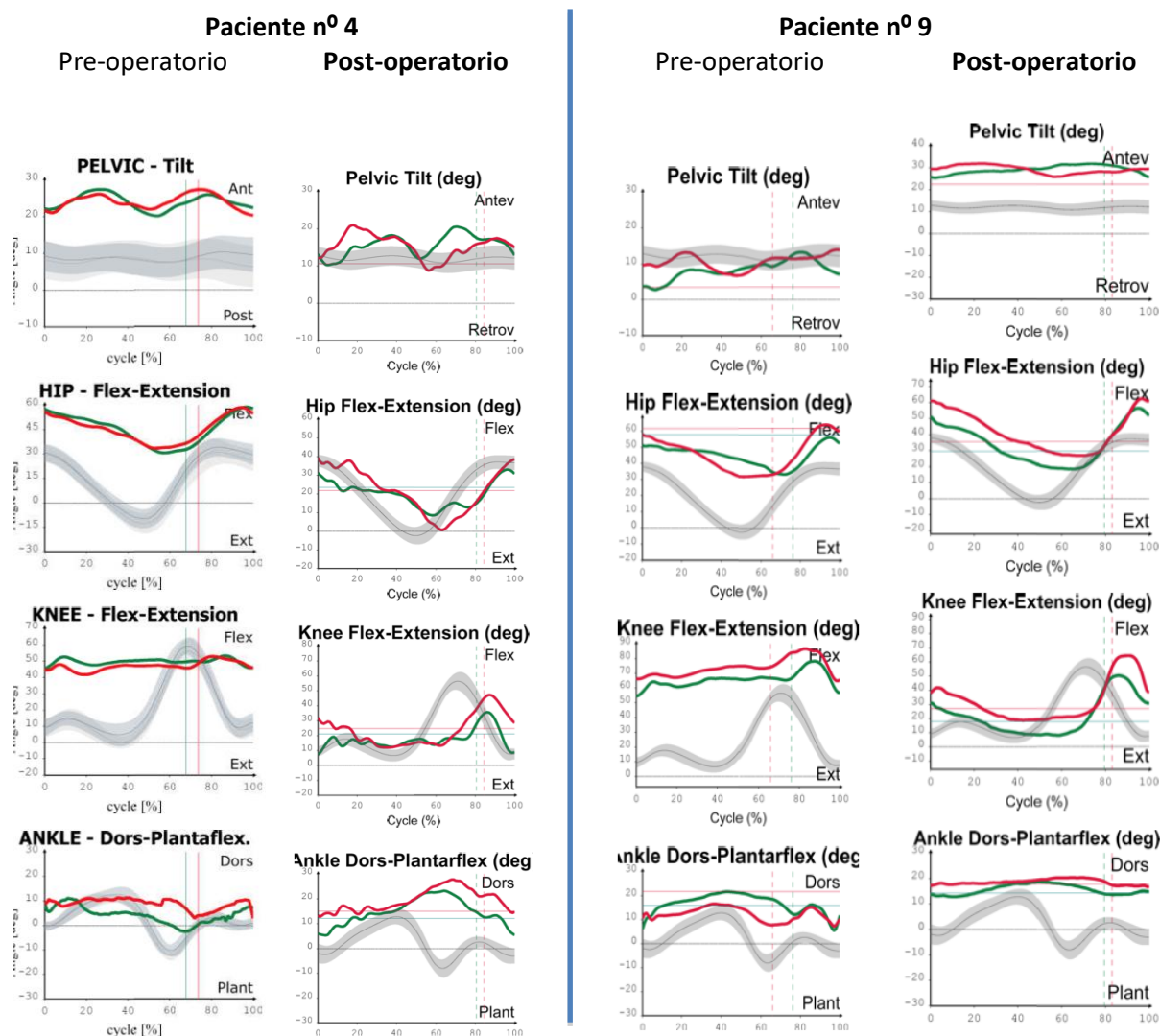


Figura 48. Gráficas del plano sagital pre y post-intervención de dos pacientes de la cohorte estudiada. A la izquierda, comparación del plano sagital del paciente número 4, que necesitó de la corrección del flexo gradual, antes y después del tratamiento. A la derecha, resultados del plano sagital en el paciente número 9. El empeoramiento de la inclinación anterior de la pelvis, es un hecho común recogido en las series de pacientes con características similares. El trazado de la gráfica del tobillo, corresponde a la realización del análisis cinemático con ortesis.

4.4.2. VALORACIÓN DE CAMBIOS FUNCIONALES.

A la escala FMS (Functional Mobility Scale), se añadió el cuestionario de los niveles de destreza en la deambulación FAQ (Functional Ambulatory Questionnaire). Las dos son herramientas complementarias, y capaces de detectar los cambios en las habilidades funcionales en la deambulación, tanto en casa como fuera de ella.

4.4.3. VALORACIÓN DE SATISFACCIÓN DE LAS FAMILIAS.

El cuestionario de satisfacción utilizado en el centro y empleado también en otras publicaciones, se basa una valoración semicuantitativa de ítems de calidad funcional de la deambulaci3n^{208 359}.

Tabla 8. Cuestionario de satisfacci3n empleado

Camina m3s (m3s distancia, r3pido..)						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Mucho Peor	Bastante Peor	Algo Peor	Igual	Algo Mejor	Bastante mejor	Mucho Mejor

Camina mejor (m3s derecho..)						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Mucho Peor	Bastante Peor	Algo Peor	Igual	Algo Mejor	Bastante mejor	Mucho Mejor

Camina m3s estable (menos ca3das, ayudas.)						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Mucho Peor	Bastante Peor	Algo Peor	Igual	Algo Mejor	Bastante mejor	Mucho Mejor

Se cansa menos						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Mucho Peor	Bastante Peor	Algo Peor	Igual	Algo Mejor	Bastante mejor	Mucho Mejor

Puntuaci3n de satisfacci3n y valoraci3n de resultados:

- De 12 a 9 puntos, muy satisfechos/excelente mejor3a.
- De 8 a 4 puntos, bastantes satisfechos/ mejor3a notable.
- De 3 a 1 punto, no satisfechos/ poca mejor3a.

7. OBJETIVOS DEL TRABAJO E HIPÓTESIS ESTABLECIDAS.

7.1. OBJETIVOS

1º Demostrar la eficacia de la tenotomía del psoas intrapélvico y de la aponeurotomía de la porción proximal del recto anterior, en la reducción de la deformidad del flexo fijo de rodilla.

2º Demostrar la eficacia de la estrategia de cirugía multinivel propuesta, para la corrección de la marcha agachada con flexo fijo de rodilla, midiendo sus resultados dentro de los criterios recomendados por Goldberg para la evaluación de tratamientos en parálisis cerebral infantil.

3º Comparar la capacidad de predicción del resultado, de los índices de valoración global de la deambulación "Gait Deviation Index" y "Gait Profile Score".

7.2. HIPÓTESIS

7.1.HIPÓTESIS 1ª. La Tenotomía del psoas a nivel de la pelvis y la aponeurotomía del recto anterior a nivel proximal, corrigen de manera estadísticamente significativa el flexo estructurado de rodilla.

Como hipótesis nula se establece que el gesto quirúrgico descrito, no consigue estos cambios en el flexo fijo de rodilla.

7.2.HIPÓTESIS 2ª. La cirugía multinivel de la marcha agachada rígida severa, aplicando la osteotomía extensora femoral distal tras la corrección previa del flexo de cadera, obtiene cambios favorables significativos, en la evaluación técnica, funcional y de grado de satisfacción de las familias.

Como hipótesis nula se establece que la estrategia propuesta, no consigue cambios en la evaluación de resultados.

7.3.HIPÓTESIS 3ª. Dentro de la evaluación instrumentada de la marcha, los índices de valoración global, Gait Deviation Index y Gait Profile Score presentan comportamientos diferentes en su capacidad de predecir resultados.

Como hipótesis nula se establece los dos índices, predicen igual la magnitud de los cambios post-quirúrgicos, tanto durante el seguimiento como al final del mismo.

8. PACIENTES y MÉTODOS

8.1. Hipótesis 1ª.

Para demostrar el efecto que la aponeurotomía del recto anterior tras la tenotomía del psoas intrapélvico, producía en el flexo fijo de rodilla, se realizó de manera un estudio prospectivo con pacientes afectados por la parálisis cerebral infantil, no deambulantes y deambulantes, necesitados de la corrección de la deformidad.

Metodológicamente, se decidió realizar un estudio en paralelo a la serie de pacientes con cirugía multinivel debido a que debido a intervenciones previas, se detectó en la exploración física ausencia de flexo de cadera de 4 de 10 casos.

Se actuó en 16 deformidades en flexo de rodilla con flexo de cadera ipsilateral, que pertenecían a 10 pacientes con parálisis cerebral infantil.

8.1.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Los criterios de inclusión fueron los de padecer una deformidad en flexo entre 10º y 30º de rodilla, con contractura en flexo de cadera ipsilateral, en pacientes con parálisis cerebral espástica.

8.1.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.

Los criterios de exclusión fueron los de presentar en pacientes deambulantes una fuerza menor en los flexores de cadera de 4 en la escala de Kendall, en todo el grupo el de padecer la distonía como alteración motora predominante.

8.1.3. PACIENTES RECOGIDOS, METODOLOGÍA MÉTRICA Y ESTADÍSTICA.

Los 10 pacientes que cumplían los criterios de inclusión fueron reclutados de manera consecutiva en las consultas de Neuro-Ortopedia del servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología Infantil del Hospital Infantil Universitario Niño Jesús de Madrid. La intervención quirúrgica fue realizada en el periodo comprendido entre Junio de 2014 y Abril de 2015. El estudio contó con la aprobación del Comité de Ética del Hospital Infantil Universitario Niño Jesús de Madrid.

Dentro de este grupo de pacientes, dos de ellos tenían un nivel funcional GMFCS nivel IV, cinco un nivel GMFCS III y tres un nivel GMFCS II, teniendo solo un paciente sexo femenino. El valor medio de deformidad en flexo fue de 22,4º (rango 4-7).

Las mediciones del flexo se realizaron una vez anestesiado el paciente en quirófano, durante la intervención. Se empleó un goniómetro semirrígido estéril, colocado en la cara lateral de la rodilla, con su centro de rotación en el punto medio de la interlínea articular femorotibial.

Uno de los fisioterapeutas que desarrollaba labor de investigación en el laboratorio de análisis del movimiento, tutelado por el cirujano, obtenía antes de realizar las incisiones, la media de dos mediciones del flexo antes de la cirugía. Tras la tenotomía del psoas a nivel de la pelvis, sin forzar la extensión de rodilla se midió de nuevo y registró el valor medio del flexo existente.

Posteriormente y tras la aponeurotomía proximal del recto anterior, se realizó la misma medición y se anotó el flexo final residual.

Como estudio estadístico se empleó una prueba de medias repetidas con un test de Kruskal-Wallis para pruebas no paramétricas.

8.2. Hipótesis 2ª.

8.2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

En la selección de los pacientes se emplearon como criterios de inclusión:

- Afectación bilateral espástica deambulantes.
- Edad de inclusión en la lista de espera desde los 7 a los 17 años.
- Flexo bilateral de rodillas no reductible, igual o superior a 10º.
- Niveles funcionales GMFCS I,II,III con capacidad de deambulación en interiores.

- Deterioro funcional de la deambulación y/o dolor en cara anterior de rodilla, previos a la cirugía.
- Voluntad del paciente y del entorno familiar más cercano, para participar y cooperar con el tratamiento propuesto, asumiendo las metas funcionales propuestas.
- Confirmación de compromiso de seguimiento del plan rehabilitador también en zona de procedencia.

8.2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.

- Presencia de alteración motora extrapiramidal o cerebelosa, tales como distonías, atetosis y ataxias.
- Tratamiento previo con toxina botulínica realizado 6 meses antes de la cirugía.
- Niveles GMFCS IV y V sin capacidad de deambulación alguna en interiores.
- Edad inferior a 7 e inclusión en lista de espera con edad superior a 18 años.
- Presencia de alteraciones conductuales o cognitivas que hicieran inviable el estudio cinemático y la rehabilitación.
- Presencia de oblicuidad pélvica relacionada con luxación o subluxación de cadera o escoliosis.
- Desquilbrío de tronco relacionado con deformidad raquídea.
- Falta de adherencia al tratamiento en el paciente o en su entorno familiar.
- Imposibilidad para realizar tratamiento rehabilitador posterior, en zona de procedencia.

8.2.3. REFERENCIAS METODOLÓGICAS APLICADAS AL DISEÑO DEL ESTUDIO.

Para el diseño del trabajo se siguieron las recomendaciones de tres guías empleadas en la realización de estudios observacionales. En primer lugar se tomó como referencia las recomendaciones de McGinley para la evaluación de resultados tras la cirugía multinivel¹⁵⁰. De los 31 trabajos evaluados, sólo 7 reunieron características similares al presentado.

Los tres aspectos en los que no se podían seguir completamente las recomendaciones fueron:

- La utilización de una escala de calidad de vida, al no encontrar ninguna validada en castellano para parálisis cerebral infantil.
- Crear un grupo control de pacientes, puesto que podría condicionar la existencia de conflictos éticos.
- La dificultad de que los evaluadores que no estuviesen implicados en el conocimiento del paciente objetos de estudio.

Se tomaron también como referencia las recomendaciones presentadas, tanto para estudios observacionales STROBE (*Strengthening The Reporting of Observational studies in Epidemiology*), como para estudios no randomizados MINOR (*Methodological Items for Non-Randomized Studies*).

Los puntos que faltaban para alcanzar el máximo valor se debieron a dos factores:

- Los responsables de la obtención de métricas, fisioterapeutas del laboratorio de análisis del movimiento, no podían considerarse como evaluadores ciegos adecuados.
- Debido a la gran cantidad de variables escogidas en el estudio de naturaleza prospectiva, no se pudo asegurar un tamaño adecuado de la muestra

Tabla 10.

Sistema de puntuación MINOR para estudios no-randomizados no comparativos

- 1-Objetivo claro fijado por una pregunta precisa y relevante a la luz de la literatura médica.
- 2-Inclusión consecutiva de pacientes.
- 3-Metodología prospectiva de pacientes.
- 4-Métrica de resultados finales apropiados al objetivo del estudio.
- 5-Evaluadores "ciegos" en la obtención de métricas.
- 6-Seguimiento apropiado para el objetivo del estudio.
- 7-Perdida de pacientes menor del 5%.
- 8-Cálculo prospectivo del tamaño de la muestra.

Los items se puntuarán como 0 si no se informa de ello, 1 si se informa pero es inadecuado, y 2 si se informa y es adecuado.

Tabla 11 . Verificación de las recomendaciones sugeridas por McGinley para estudios de cirugía multinivel.

Selección de pacientes	Criterios de inclusión detallados y específicos	√
	Descripción detallada de PCI: Criterios diagnósticos, trastornos del movimiento, distribución topográfica, nivel GMFCS	√
	Estratificación mediante GMFCS e inclusión únicamente de niveles I-III	√
	Historia de tratamientos previos -cirugía, rizotomía dorsal selectiva, toxina botulínica...-	√
	Informe de método de selección: consecutivas o aleatorizado, para minimizar sesgos	√
Diseño del estudio	Prospectivo	√
	Considerar grupo control en diseño de ensayo clínico	X
	Si no es posible el diseño de ensayo clínico, considerar controles apareados (equivalentes en nivel basal y coetáneos)	X
Intervención	Informe adecuado acerca de técnica quirúrgica/procedimientos	√
	Informe adecuado acerca de duración de la estancia post-quirúrgica	√
	Informe adecuado de protocolo de rehabilitación y duración del mismo	√
	Informe adecuado acerca de tipo, frecuencia y duración de la fisioterapia	√
	Informe adecuado acerca de intervenciones ortésicas	√
	En el momento de la publicación, considerar facilitar más detalles sobre la intervención en apéndices online o suplementos	√
Evaluación de resultados y su registro	Selección apropiada de medidas de resultado, multidimensionales, válidas y estandarizadas, descritas en relación con los campos de ICF: Recomendaciones:	
	• Deambulación: índices de valoración global: GGI, GI, GPS	√
	• GMFM: dimensiones D y E	√
	• Una escala de medición validada que responda a los cambios en calidad de vida	X
	Detallar como se administraron las herramientas de las escalas de resultado.	√
	Minimizar los sesgos en diseños de doble ciego o con observadores independientes	X
	Considerar el momento óptimo para la medición de resultados al corto y medio plazo de acuerdo con lo que se quiere medir	
	• Biomecánica de la marcha: 1 año	√
	• Función motora gruesa 1 y 2 años	√
	Efectos adversos: definir y detallarlos, incluyendo los métodos usados para detectarlos e informarlos	√
	Detallar la presencia o el uso de intervenciones adicionales antes de la evaluación de resultados, pre-cirugía adicional o toxina botulínica	√
	Uso apropiado de las guías para ensayos randomizados (CONSORT) o para estudios observacionales (STROBE) ⁴⁴	√
Estadística	Provisión de los Intervalos de confianza.	√
	Informar del cambio menor clínicamente significativo y del cambio mínimo detectable cuando sea apropiado	√
	Informar de la importancia clínica cuando sea posible.	√

8.2.4. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS PACIENTES INTERVENIENTES.

Los pacientes fueron reclutados de manera consecutiva en las consultas de Neuro-ortopedia del servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología Infantil del Hospital Infantil Universitario Niño Jesús de Madrid.

La intervención quirúrgica se realizó en el periodo comprendido entre Enero de 2012 y Junio 2013, contando el estudio propuesto, con la aprobación del Comité de Ética del Hospital Infantil Universitario Niño Jesús de Madrid.

Se reclutaron de manera consecutiva 10 pacientes, 6 varones y 4 hembras, con una edad media de 13,2 años (rango 10-17), afectados por un parálisis cerebral infantil espástica de predominio bilateral. El nivel funcional más frecuente fue el GMFCS III con 7 pacientes, seguido por el nivel GMFCS II con 3. Por comunidades autónomas 3 pacientes pertenecieron a la Comunidad de Madrid, 2 a la Comunidad autónoma de Murcia, 2 a la de Castilla la Mancha, 1 a la de Castilla y León, 1 a la de Galicia y 1 a la de La Rioja. El Servicio de Rehabilitación del Centro facilitó la información a los de los Hospitales de las Comunidades de origen, y colaboró en la coordinación del proceso de recuperación siguiendo las pautas establecidas.

La descripción de la antecedentes médicos y la patología asociada se recoge en las Tablas

Tabla 12. Epidemiología descriptiva I

HISTORIA CLÍNICA ----- Paciente nº	<i>Semana gestación</i>	<i>Peso al nacer (gr.)</i>	<i>Embarazo Múltiple</i>	<i>Apgar</i>	<i>UCI Neo-natal (Días)</i>	<i>Ventilación mecánica</i>	<i>Hipoxia Peri-natal</i>	<i>Antecedente Sepsis Neonatal</i>	<i>RM</i>	<i>Epilepsia</i>
1	39	2.150	no	9	no	no	no	no	LPV	no
2	32	2.425	no	7	40	si	si	no	LPV/ Hemorragia	no
3	36	2.500	no	9	no	no	no	no	no	no
4	33	1.950	no	7	20	si	si	Si S. Epidermidis	LPV	no
5	27	1.325	si	7	90	si	no	no	LPV	no
6	29	1.443	no	9	40	no	no	Si S.Epidermidis	LPV	no
7	27	940		7	60	si	si	no	LPV	no
8	29	1.060	no	8	53	no	no	no	LPV	no
9	27	980	no	9	35	si	no	Si Entero-coco	LPV	no
10	38	2.760	no	9	no	no	no	no	no	no

La presencia de leucomalacia periventricular, detectada en la Resonancia Magnética, en seis de los diez pacientes y la clínica de espasticidad común a todos ellos, se ajusta a las características de la población de pacientes deambulantes con afectación bilateral espástica.

Todos habían recibido en alguna ocasión tratamiento con toxina botulínica y habían recibido fisioterapia y usado ortesis, como parte del manejo terapéutico habitual.

Tabla 13. Epidemiología descriptiva II

Paciente N°	Topografía	Alteración cognitiva	Disartria	Toxina previa	Cirugía previa	Dolor rodilla	Disfunción Brazo Palanca distal
1	Tetraplejía	No	Si	Si	no	no	Si
2	Diplejía	No	No	Si	si	si	Si
3	Diplejía	Si	No	Si	no	no	Si
4	Diplejía	No	No	Si	si	si	Si
5	Triplejía	No	Si	Si	si	no	Si
6	Diplejía	No	No	Si	no	no	Si
7	Diplejía	No	No	Si	si	si	Si
8	Triplejía	No	no	Si	no	no	Si
9	Triplejía	No	no	Si	si	no	Si
10	Diplejía	No	SI	Si	no	no	SI

Tabla 14. Cirugías realizadas

Caso	Cirugía Multinivel	Flexo rodilla pre D-I //final D-I	Cirugía 2ª (16-24 m)	Complicaciones 1º// 2ªcirugía
1	Bilateral--OEFD+ TIP+ ARA+AIM+ Endorte	20º-15º//0º-0º	EMO	
2	Bilateral--OEFD+RRAD+APLC. Unilateral—OTDR derecha.	15º-10º//0º-5º	EMO+ AI D+(Gianini+ Cuboides+ 1ª cuña bi	
3	Tiempo 1º- Bilateral--TIP + ARA + AI+ CP Tiempo 2º- Bilateral--OEFD + ATN	40º-45º//0º-0º	EMO	
4	Bilateral--OEFD+ TIP + ARA	15º-15º//0º-0º	Bilateral—CP+ DR	2ª//Neuropraxia Disestesias planta Pies bilateral
5	Bilateral-- OEFD+RRAD Unilateral-- Lado D. Frost TP+ HTTA Lado I. OTDRT+OTPM	10º-15º//0º-0º	EMO	
6	Bilateral-- TIP+ARA + OEFD+ RRAD	15º-15º//0º-5º	EMO+ OT calcáneo D +giannini I + AI I	
7	Bilateral—OEFD Unilateral—OTDTI + Tentonomia flexor h	30º-30º//0º-0º		
8	Bilateral—OEFD+ATN+OTDRT+ RRAD+ DR	30º-30º//0º-0º	EMO	
9	Bilateral--OEFD+ TIP+ ARA+RRAD+DR Unilateral—OTDR derecha	20º-25º//0º-5º	EMO+ AI I artrodesis MTF Bilateral.	2ª//Seroma herida EMO Izquierda
10	Bilateral- OEFD+ TIP+ ARA+ ATN+ OTDRT	15º-15º//0º-0º	EMO	

OEFD=Osteotomía extensora femoral; TIP=Tenotomía de psoas intrapélvico;ARA=Aponeurectomía del recto anterior;AIM=Alargamiento isquiosurales mediales;RRAD=Resección de recto anterior distal;CP=Capsulotomía; OT=Osteotomía; MTF=metatarso falángica;EMO=Extracción de material de osteosíntesis.

El valor medio del flexo rígido de rodilla fue de 21,5º (rango 45-10).

El seguimiento medio fue de 33 meses (rango 24-38).

-Antes de la cirugía, 6 pacientes manifestaban dolor en la cara anterior de ambas rodillas y todas las familias referían empeoramiento progresivo de la deambulación en los últimos meses.

-En el listado de problemas primarios, se encontró el flexo de rodillas rígido superior a 10º y la alteración del brazo de palanca distal, en tobillo y/o pie, en todos los pacientes.

-La media de gestos quirúrgicos fue de 9 en la intervención inicial (rango 4-14).

-Cinco pacientes habían tenido intervenciones previas. En dos de ellos hubo alargamientos del tendón de aquiles y en otros dos, la técnica de Strayer fue parte del tratamiento. En tres se había realizado en el centro la tenotomía del psoas intrapélvico.

Las revisiones clínicas después de los primeros 6 meses, se realizaron de manera trimestral.

El protocolo de exploración fue rellenado por el fisioterapeuta del laboratorio de análisis del movimiento del Hospital Infantil Universitario Niño Jesús de Madrid, y comprobado por el cirujano responsable del paciente.

8.2.5. METODOLOGÍA EN LA EVALUACIÓN TÉCNICA, MÉTRICAS ESCOGIDAS Y ESTUDIO ESTADÍSTICO.

El rango de movilidad articular, perfil rotacional óseo, espasticidad, la fuerza y la evaluación del control motor selectivo, se realizaron siguiendo el protocolo de exploración clínica del Laboratorio de Análisis del movimiento del centro.

Como de estudio de imagen se pidieron de manera estandarizada, proyecciones radiográficas en carga antero-posterior y lateral de tobillo y pies, junto con imágenes antero-posteriores de pelvis, rodilla y una proyección lateral de ésta última en decúbito supino en flexión de 20º-30º.

La valoración científico-técnica, mediante estudio cinemático y cinético, se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Análisis del Movimiento del Hospital Infantil Universitario Niño Jesús.

Con cinco años de experiencia previa al estudio de cohortes de pacientes presentado, las instalaciones cuentan con un pasillo de 10 metros de largo para realizar la deambulación, bajo el cual hay dos plataformas de fuerza Kistler empleadas para el estudio cinético.

Para el estudio cinemático se siguió el protocolo de Roy Davis con la colocación de marcadores reflectantes esféricos tanto en las prominencias óseas de pelvis, rodilla, tobillo y pie, como en unas barras que partiendo desde una altura media del muslo y de la pierna, se fijaban a estas con bandas elásticas²⁸³.

La trayectoria de la pelvis, cadera, rodilla, y tobillo-pie fue recogida durante la deambulación gracias 8 cámaras de luz infrarroja, colocadas para registrar el desplazamiento en los planos sagital, frontal y transversal. Los estudios fueron realizados por los dos fisioterapeutas, que trabajan en el Laboratorio desde su creación.



Figura 47. Imágenes del *Laboratorio de análisis del movimiento del Hospital Infantil Universitario del Niño Jesús de Madrid*.

Gracias a la disposición de las cámaras optoelectricas se captura la trayectoria de los marcadores localizados en los relieves anatómicos protocolizados. Tras el procesamiento de esta información mediante el software del ordenador, se obtiene el informe donde aparece el movimiento de la pelvis, rodilla y tobillo durante el ciclo de marcha, en los tres planos del espacio.

Las plataformas dinamométricas, con distinta tonalidad de azul en el suelo, detectan los momentos de fuerza y las potencias articulares.

La electromiografía dinámica de superficie se realiza mediante la colocación de los sensores adhesivos sobre la piel, siguiendo las recomendaciones de la SENIAM y se detecta la señal en un electromiógrafo que manda la información al ordenador via Wi-Fi.

El software del sistema Smart (BTS) procesaba la información y obtenía la cinemática, la cinética y la electromiografía dinámica, existente durante el ciclo de marcha.

El protocolo para realizar el estudio cinemático en pacientes con buen nivel de autonomía, se capturaban diez paseos, eligiendo aquellos cinco que fueran más representativos. Sobre éstos se descartaron los dos más diferenciados y sobre los tres restantes, se extrajeron los valores medios en cada momento del ciclo de marcha para hallar la gráfica final.

En aquellos pacientes con autonomía limitada, necesitados de andador o asistencia de ayudantes, se capturaban de tres a cinco paseos para hallar la gráfica media final.

Se requería el asesoramiento de los padres para corroborar que los paseos elegidos para estudio, eran representativos de la deambulación fuera del Laboratorio.

Para el estudio cinético de aquellos pacientes que caminasen sin asistencia, se obtuvo la gráfica que representaba la media de los valores que aparecían tras tres capturas, con apoyo adecuado en las plataformas dinamométricas Kistler.

Se elaboró una lista de problemas primarios relacionando la exploración física, el estudio de imagen y el resultado del análisis instrumentado y observacional de la marcha apoyándose en los requerimientos funcionales que el paciente presentaba. Las recomendaciones por planos del espacio y segmentos anatómicos, tomando como referencia las recomendaciones de Gage, Novacheck, Miller y Thomason, aparecen en las tablas de tomas de decisiones ya presentada.

El estudio prospectivo empleó variables cinemáticas ya recogidas en la literatura por Rodda, Kinsella, Stout, Morais, o Sossai.

1-Diferencia de altura. El criterio utilizado previamente en la serie de Rodda, recoge la corrección de la postura en la bipedestación ¹¹.

El incremento de altura al año, registrada por protocolo en la valoración antropométrica del análisis cinemático, es un buen índice de la desaparición del flexo de rodilla y cadera.

El estudio estadístico de las diferencias encontradas se realizó con el programa SPSS.

2-Corrección de la deformidad fija en flexión de rodilla. La medición se realizó con goniometro semirrígido, colocado en la cara lateral de la rodilla, con su centro de rotación en el punto medio de la interlínea articular femorotibial. La media de dos mediciones dio el valor final observado antes de la cirugía y al final del seguimiento.

El estudio estadístico de las diferencias encontradas se realizó con el programa SPSS.

3-Valores temporo-espaciales. Basándonos en la evaluación escogida por estudios similares se eligieron la velocidad (metros/segundo), la cadencia (número de pasos/minuto, y la longitud de zancada (cm)^{10 12}. Estas métricas se recogieron al año y en el último seguimiento. El estudio estadístico de las diferencias encontradas se realizó con el programa SPSS.

4-Valores cinemáticos críticos: Se evaluó en el plano sagital los datos numéricos que mejor representan el patrón cinemático.

Por articulaciones o segmentos anatómicos se seleccionaron los siguientes valores, al año y al final del seguimiento:

- 1- Rodilla:
Extensión máxima de rodilla en la fase de apoyo y rango total de movimiento.
- 2- Cadera:
La extensión máxima de cadera durante la fase de apoyo.
- 3- Pelvis:
La inclinación anterior media durante el ciclo de marcha.
- 4- Tobillo:
La dorsiflexión máxima de tobillo en la fase de apoyo.

La evaluación cuantitativa se obtuvo gracias a la hoja de datos que ofrecía el programa Matlab, instalado en el software del programa Smart (BTS). Una vez escogidos se exportaron a una hoja Excel, para el proceso de datos.

El estudio estadístico para encontrar diferencias se realizó con el programa SPSS.

5-Valores cinéticos críticos. Con el fin de determinar la capacidad para generar momentos de fuerza durante el periodo de apoyo en la cadera rodilla y tobillo, calculamos el impulso angular de la musculatura responsable del movimiento^{284 285}. Éste viene definido por el momento de fuerza neto (T) aplicado sobre una articulación, multiplicado por la variación de tiempo (Δt), y puede representarse gráficamente por el área encontrada debajo de la curva Momento de Fuerza. De esta manera se estima la suma de valores cinéticos obtenidos en cada momento del periodo de apoyo y permite evaluar la magnitud del momento de fuerza en función del tiempo en el que actúa.

$$\text{Impulso angular} = \sum T \cdot \Delta t$$

Debido a que siete pacientes necesitaban dispositivos de asistencia para caminar, el estudio cinético sólo podía ser fiable en tres. El valor medio se extrajo tras recoger los datos de tres paseos representativos de la marcha normal, con apoyo adecuado en las plataformas de fuerza.

La sollicitación del cuádriceps en contracción excéntrica, demostrada por la absorción de potencia encontrada en las gráficas, era valorada mediante el impulso angular de los extensores de rodilla.

En la cinética de la cadera, la transición normal de extensión a flexión, obligaba a medir los dos grupos musculares antagonistas, con los momentos de fuerza extensores primero y los flexores después. Se tomó para hallar su impulso angular, los momentos de fuerza de los extensores presentes tras el inicio del periodo de apoyo y en la segunda mitad de éste, los momentos de fuerza flexores.

En el tobillo se escogió como valor cinético crítico en el momento de la propulsión, el valor máximo encontrado en la flexión plantar al final de la fase de apoyo. Es entonces, donde se valora el pico de potencia más importante generado durante la marcha.

Para encontrar diferencias estadísticamente significativas y dentro del programa SPSS.

Para los análisis comparativos de más de dos variables se emplearon test de ANOVA de medidas repetidas con corrección de esfericidad de Greenhouser-Geisser (test de esfericidad de Mauchly) y test post-hoc de Bonferroni, para encontrar diferencias estadísticamente significativas. En los casos de violación de normalidad (test de Shapiro-Wilk) se empleó el test de Friedman para medidas repetidas.

Para los análisis comparativos de dos variables se empleó el test T de medidas relacionadas en caso de la no violación de normalidad (test de Shapiro-Wilk) y el test de Wilconxon con signo para medidas relacionadas en caso contrario.

Para los análisis de correlación se utilizó el test de Pearson, en caso de la no violación de normalidad (test de Shapiro-Wilk) y el test de Spearman en caso contrario.

6. Registro de los cambios en índices GDI y GPS.

Como método de evaluación global de la marcha los dos índices se tomaron al año, a los dos años como, y cerca de los tres años, al final del seguimiento.

Las diferencias post-tratamiento encontradas en cada uno de ellos, se relacionaron con el valor mínimo clínicamente significativo de cada uno de los índices.

Esta metodología de control evolutivo y de resultados es compartida por otras series de evaluación de resultados.

El estudio estadístico para encontrar diferencias se realizó con el programa SPSS.

8.2.6. METODOLOGÍA EN LA EVALUACIÓN FUNCIONAL, MÉTRICAS ESCOGIDAS Y ESTUDIO ESTADÍSTICO.

Se evaluaron en cada paciente los cambios en los niveles funcionales de deambulación, la escala de movilidad funcional y los niveles del cuestionario de deambulación funcional.

Se recogió en cada caso :

- Nivel GMFCS.
- Escala FMS.
- Nivel FAQ.

Se analizaron las respuestas del cuestionario de satisfacción empleado en el Centro, que más directamente se relacionan con habilidades funcionales en la deambulación:

- 1- Caminar más.
- 2- Cambios en número de caídas.
- 3- Salir más a la calle.

El estudio estadístico para encontrar diferencias se realizó con el programa SPSS.

8.2.7. METODOLOGÍA EN LA EVALUACIÓN DE LA SATISFACCIÓN TRAS TRATAMIENTO.

Se estableció como valoración semi-cuantitativa el cuestionario utilizado en el Laboratorio de Análisis del Movimiento, recogido en la Tabla.

8.2.8. TÉCNICAS QUIRÚRGICAS Y COMPLICACIONES ENCONTRADAS.

El problema ortopédico común a todos los pacientes fue el flexo rígido presente en todas las rodillas. Para su corrección se realizaron 20 osteotomías distales femorales extensoras utilizando la placa pediátrica LCP 90º distal de fémur (Synthes[®]).

La versatilidad del implante facilitó el ajuste de alineación en los planos frontal y transversal. Para conseguir este último, se buscó la colocación correcta del plano formado por los cóndilos femorales, posicionando hacia el cenit la rótula. La fijación posterior de la desrotación conseguida se realizó en 16 de los 20 casos posibles, un 80% del total de las osteotomías realizadas.

La afectación del brazo de palanca distal estuvo presente en todos los pacientes, lo que se ajusta al criterio de marcha agachada severa propuesto por Romuzalsky⁵. Para su corrección fue necesario actuar sobre el pie plano y la tibia distal. Se llegaron a realizar 8 osteotomías distales de tibia, con la placa en T de radio distal (Synthes[®]) lo que implica un 40% de las extremidades inferiores tratadas. La cirugía del pie más efectuada para el pie plano, fue la artrodesis talonavicular al no ser la deformidad reductible a la manipulación. Esta técnica se practicó de manera bilateral en 4 pacientes, empleando para conseguir la fusión articular tornillos Acutrak standard (Acumed[®]).

La corrección del valgo del retropie asociado a la flexión plantar del astrágalo flexibles, se trató mediante endortesis en el seno del tarso en 5 pies de los 20 posibles y en un caso se realizó una osteotomía de alargamiento de cuello de calcáneo siguiendo la técnica de Mosca.

La colocación de la endortesis de Gianinni entre el astrágalo y el calcáneo, permitió adaptar mejor al pie primero a una ortesis y luego a un calzado con plantilla para sostener el arco plantar.

En 3 ocasiones de las 5 posibles, en las que se encontró una deformidad en supinación del antepié tras la corrección del valgo de talón, fue necesario asociar en la primera cuña, una osteotomía de adición de base dorsal.

Sólo uno de los 10 pacientes no presentó antecedente de cirugía en los flexores de cadera, ni signo de Thomas positivo. En cuatro casos existía el antecedente quirúrgico de tenotomía intrapélvica del psoas, que se correlacionó en la exploración física previa con la negativización del signo de Thomas.

Para disminuir el flexo de rodilla, fueron 5 los casos en los que se inició la cirugía con la tenotomía del psoas intrapélvico y la aponeurotomía del recto anterior a nivel proximal.

Siguiendo los criterios de Presedo y Morais realizamos en la cirugía el descenso de rótula en 8 rodillas. Todas ellas presentaban o bien insuficiencia en los últimos 10º de extensión de rodilla pertenecientes, o eran el resultado de una recidiva del flexo. Este último criterio se aplicó en el paciente número 4. En él en uno de los controles trimestrales a los 15 meses de la cirugía, se

detectó un flexo de rodilla de 25°. La falta de asistencia a los controles de rehabilitación programados en el Centro, la afectación neurológica que no facilitaba la postura correcta en bipedestación y la progresión de la patela alta, justificaron esta mala evolución. A los 16 meses la extensión de rodilla se consiguió nuevamente tras alargar los isquiosurales de manera bilateral y descender ambas rótulas. A los 3 años de la primera cirugía el resultado resultó cinemático y funcional fue excelente.

El paciente número 3, fue el único que presentó un flexo superior a 30°, 40° en la derecha y 45° en la izquierda. Para asumir un menor riesgo neurovascular y poder entrar en los criterios de inclusión, se realizó una corrección en dos tiempos quirúrgicos para acercarse a la deformidad en flexo de 30°. Se realizó primero el alargamiento bilateral de los isquiosurales, la capsulotomía parcial posterior de rodilla tras la desinserción de los gemelos a nivel proximal y posteriormente, la corrección gradual del flexo con 3 yesos seriados, cambiados bajo sedación. A los 11 días de la primera intervención, se completó la corrección mediante la osteotomía extensora.

Para respetar su función como extensores de la pelvis, sólo se alargó los isquiosurales en ambas rodillas al paciente número 1 en el lado medial, y en el número 3 en los mediales y laterales.

Como complicación se registró dolor al realizar la carga inicial en 5 pies, correspondientes a 3 pacientes, lo que condicionó el calendario de recuperación de manera transitoria durante un periodo medio de dos meses. La resolución de la inflamación post-cirugía y el ajuste posterior de la ortesis a nivel plantar, contribuyeron a la desaparición de las molestias.

Debido a la migración hacia proximal y hacia la cortical posterior de la placa LCP, su retirada se fijó como necesaria en pacientes esqueléticamente inmaduros, hecho que ocurrió en 6 pacientes. Antes de esa intervención se evaluó la necesidad de mejorar el arco plantar y si debido a la espasticidad se hubiese iniciado recidiva en el flexo de rodilla, alargar los isquiosurales.

Los 7 pacientes pertenecientes a otras comunidades autónomas, siguieron el periodo de rehabilitación ambulatoria fuera de Madrid, respetando los controles clínicos trimestrales salvo en el caso del paciente número 4.

Las complicaciones que aparecieron con la cirugía asociada a la retirada de material fueron un caso de seroma en la herida quirúrgica, que requirió su limpieza en quirófano a las 3 semanas, y un caso de disestesias plantares por neuroapraxia bilateral tras la corrección de la recidiva del flexo de rodilla en el paciente número 4. Esta clínica disminuyó de manera muy significativa posteriormente, por lo que no requirió tratamiento.

Ninguno de los 6 pacientes que referían dolor en la cara anterior de rodillas, volvieron a manifestarlo.

8.3. Hipótesis 3ª-

8.3.1. REGISTRO Y ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD DE PREDICCIÓN DE RESULTADOS DE LOS ÍNDICES GDI Y GPS.

Tal y como se expuso en la hipótesis segunda, se recogieron las diferencias encontradas tanto en el GDI como en el GPS, al año, a los dos años y al final del seguimiento, tras la cirugía multinivel y la rehabilitación posterior.

La decisión de realizar esta evaluación extra a los 2 años, se tomó para monitorizar la evolución.

Se estableció la relación en ejes cartesianos entre el incremento de puntos conseguidos con el GDI y el descenso de grados con el GPS con los valores pre-operatorios, lo que se asociaba a mejoría.

Se establece un estudio comparativo de la evolución del comportamiento de los cambios que presentaban por separado ambos índices, para luego ver las diferencias que existen entre ambos. Como estudio estadístico se empleó la prueba de Shapiro-Wilks para valorar la distribución normal de los datos.

En función de la dispersión de los resultados, las pruebas de Spearman o la de Pearson serían las escogidas para establecer la fortaleza de la correlación lineal.

9-RESULTADOS

9.1. Resultados Hipótesis 1ª-

La media del flexo de rodilla previa a la intervención fue de 21,87° (rango 50° - 7°). Tras la tenotomía del psoas se pasó a 14,88° (rango 50° - 0°), y a 9,63° tras realizar posteriormente la aponeurotomía del recto anterior (rango 40° y 0°). La tenotomía del psoas a nivel de la pelvis mejoró la extensión de la rodilla con deformidad en flexo una media de 7°. Esta diferencia tras el tratamiento se demostró estadísticamente significativa con una $p < 0,001$.

Posteriormente, la aponeurotomía del recto anterior a nivel proximal, consiguió extender la rodilla en un valor medio de 5°. Este dato fue igualmente estadísticamente significativo con una $p < 0,001$.

Ambas técnicas por separado, consiguieron de manera estadísticamente significativa mejorar el flexo de rodilla con una $p < 0,001$, demostrado mediante un estudio de Anova.

El tamaño del efecto en el diseño aplicado, que explica en qué medida los cambios detectados se deben a la intervención escogida, y es valorado entre 0 y 1, obtuvo un valor de 0,70. Gracias a este dato se considera que con esta tamaño de muestra, la intervención demostró ser eficaz.

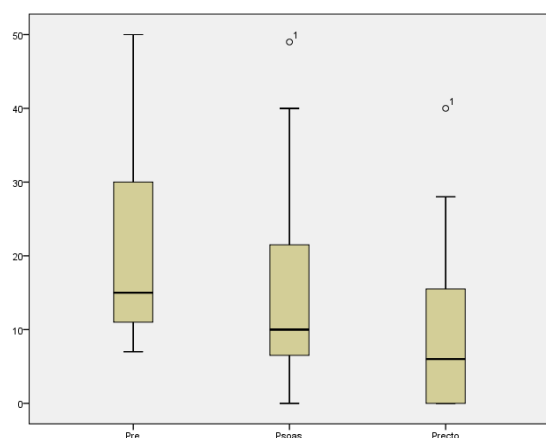


Figura Evolución del flexo de rodilla tras la corrección de la contractura de los flexores de cadera.

En el diagrama de cajas se observa de izquierda a derecha los grados de flexo de rodilla inicial y como este desciende una media de 7° tras la tenotomía del psoas intrapélvico y 5° después de la aponeurotomía del recto anterior.

9.2. Hipótesis 2ª-

9.2.1. Corrección del flexo fijo de rodilla al final del seguimiento.

Según el test de Wilcoxon, la diferencia media de flexos de rodilla entre PRE y POST es estadísticamente significativa ($Z = -3.964$, $p < .0001$).

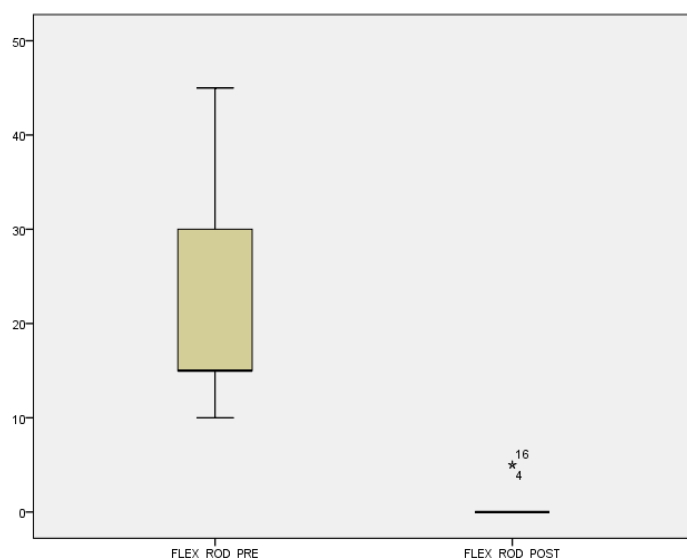


Figura Corrección del flexo de rodilla al final del seguimiento.

Partiendo de una media de 21, x 25º se alcanzó la corrección completa salvo en dos casos de los 20 posibles en los que se registró un flexo de 0, 5º a los 33 meses de seguimiento medio final.

Descriptivos

		Estadístico	Error estándar
FLEX_ROD_PRE	Media	21,25	2,203
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	16,64
		Límite superior	25,86
	Media recortada al 5%	20,56	
	Mediana	15,00	
	Varianza	97,039	
	Desviación estándar	9,851	
	Mínimo	10	
	Máximo	45	
	Rango	35	
	Rango intercuartil	15	
	Asimetría	1,081	,512
	Curtosis	,382	,992
FLEX_ROD_POST	Media	,5000	,34412

95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-,2203	
	Límite superior	1,2203	
Media recortada al 5%		,2778	
Mediana		,0000	
Varianza		2,368	
Desviación estándar		1,53897	
Mínimo		,00	
Máximo		5,00	
Rango		5,00	
Rango intercuartil		,00	
Asimetría		2,888	,512
Curtosis		7,037	,992

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
FLEX_ROD_PRE	,838	20	,003
FLEX_ROD_POST	,351	20	,000

Wilcoxon con signo	FLEX_ROD_POST - FLEX_ROD_PRE
Z	-3,964
Sig. asintótica (bilateral)	,000

9.2.2. Aumento de estatura.

La diferencia media en la estatura de 15,59 cm al año, resultó estadísticamente significativa. El test ANOVA de medidas repetidas determina significación estadística entre la altura media antes de la intervención quirúrgica y la altura media 12 meses después. ($F(1, 9) = 30.115$, $p < .0005$).

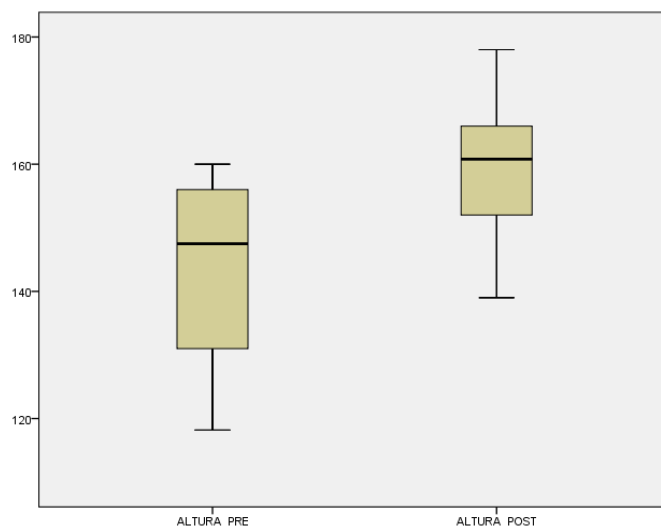


Figura Evolución de la altura pasado el año de tratamiento.

En el diagrama de cajas se observa de izquierda a derecha el incremento de altura en centímetros al año de tratamiento, lo que revela la importancia de corrección de la postura en la bipedestación tras el tratamiento.

La edad media de 13 años y el sexo femenino en 4 de los pacientes, aleja la idea de que sean los picos de crecimiento habituales puberales los causantes del aumento tan significativo registrado al año de la cirugía.

ALTURA		PRE		POST 12 meses	
		Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
Media		143,2700	4,57962	158,8600	3,76676
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	132,9102		150,3390	
	Límite superior	153,6298		167,3810	
Media recortada al 5%		143,7333		158,9000	
Mediana		147,5000		160,8000	
Varianza		209,729		141,885	
Desviación estándar		14,48202		11,91154	
Mínimo		118,20		139,00	
Máximo		160,00		178,00	
Rango		41,80		39,00	
Rango intercuartil		25,50		16,75	
Asimetría		-,489	,687	-,171	,687
Curtosis		-1,246	1,334	-,536	1,334

9.2.3. Cambios en valores temporo-espaciales.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ni en la **velocidad**, ni en la **cadencia** o número de pasos por minuto, ni en la **longitud de zancada** por separado en cada lado, en ninguno de los momentos en los que se monitorizó el seguimiento.

1-Velocidad.
Descriptivos

			Estadístico	Error estándar
Pre-Velocidad	Media		,5000	,09063
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,2857	
		Límite superior	,7143	
	Media recortada al 5%		,4944	
	Mediana		,5000	
	Varianza		,066	
	Desviación estándar		,25635	
	Mínimo		,20	
	Máximo		,90	
	Rango		,70	
	Rango intercuartil		,48	
	Asimetría		,204	,752
	Curtosis		-1,200	1,481
Post12-Velocidad	Media		,5125	,13554
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,1920	
		Límite superior	,8330	
	Media recortada al 5%		,5083	
	Mediana		,3000	
	Varianza		,147	
	Desviación estándar		,38336	
	Mínimo		,10	
	Máximo		1,00	
	Rango		,90	
	Rango intercuartil		,75	
	Asimetría		,542	,752
	Curtosis		-2,041	1,481
Post24-Velocidad	Media		,5250	,13195
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,2130	
		Límite superior	,8370	
	Media recortada al 5%		,5111	
	Mediana		,3000	
	Varianza		,139	
	Desviación estándar		,37321	

	Mínimo		,20	
	Máximo		1,10	
	Rango		,90	
	Rango intercuartil		,68	
	Asimetría		,706	,752
	Curtosis		-1,739	1,481
PostUI-Velocidad	Media		,5750	,11764
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,2968	
		Límite superior	,8532	
	Media recortada al 5%		,5667	
	Mediana		,5000	
	Varianza		,111	
	Desviación estándar		,33274	
	Mínimo		,20	
	Máximo		1,10	
	Rango		,90	
	Rango intercuartil		,63	
	Asimetría		,384	,752
	Curtosis		-1,233	1,481

Pruebas de normalidad

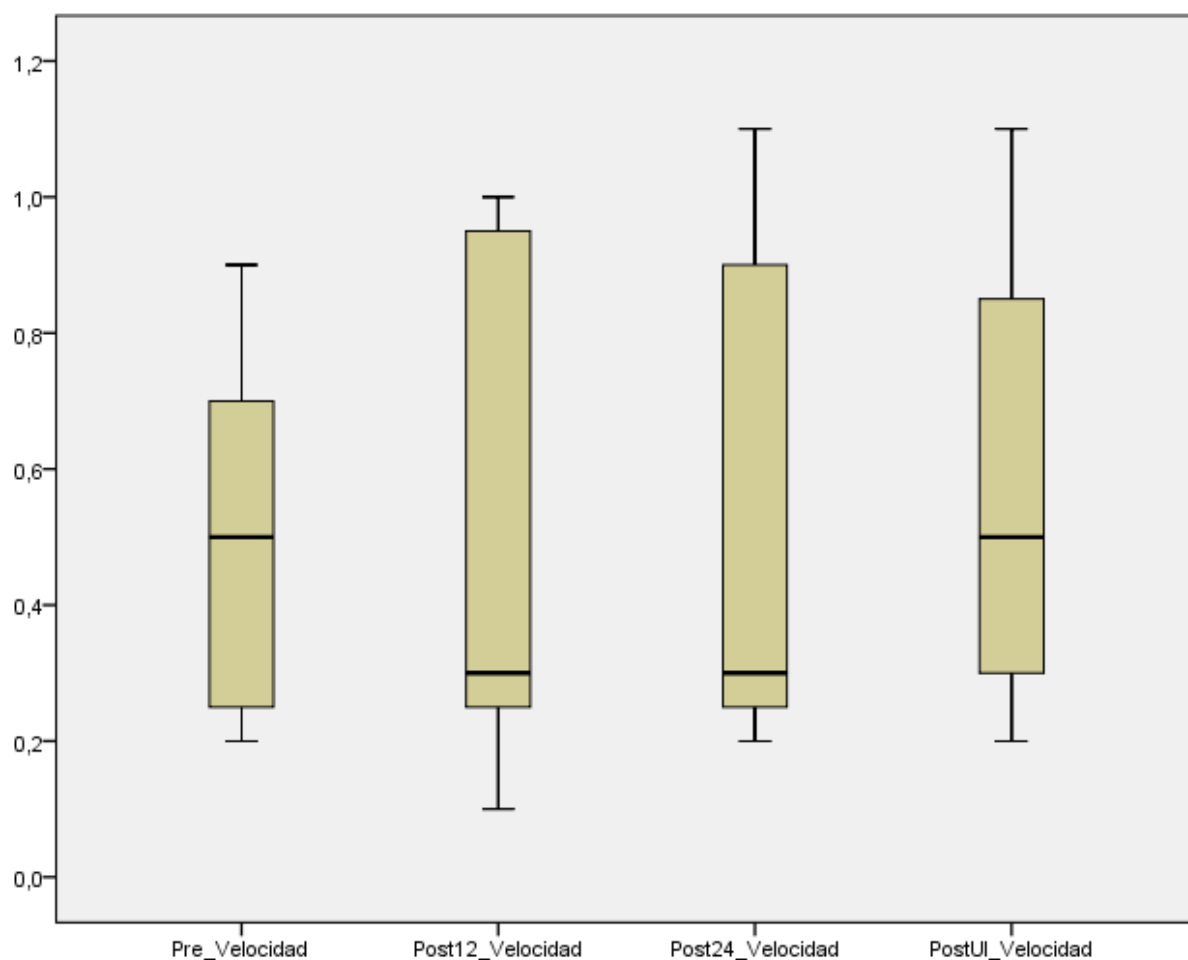
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre-Velocidad	,157	8	,200	,923	8	,458
Post12-Velocidad	,335	8	,008	,792	8	,024
Post24-Velocidad	,352	8	,004	,778	8	,017
PostUI-Velocidad	,201	8	,200	,926	8	,484

Prueba de Friedman

Estadísticos de prueba

N	8
Chi-cuadrado	,863
gl	3
Sig. asintótica	,834

No existen diferencias significativas en la velocidad de marcha en los diferentes momentos temporales de acuerdo al test de Friedman para muestras relacionadas ($X^2(3) = .863$, $p = .834$)



2-Cadencia

Descriptivos

		Estadístico	Error estándar
Pre_Cadencia	Media	210,3000	131,70931
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-101,1430
		Límite superior	521,7430
	Media recortada al 5%	170,7111	
	Mediana	96,8500	

	Varianza		138778,734	
	Desviación estándar		372,53018	
	Mínimo		5,20	
	Máximo		1128,00	
	Rango		1122,80	
	Rango intercuartil		55,27	
	Asimetría		2,775	,752
	Curtosis		7,783	1,481
Post12_Cadencia	Media		86,0438	10,47348
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	61,2779	
		Límite superior	110,8096	
	Media recortada al 5%		87,1403	
	Mediana		88,7500	
	Varianza		877,550	
	Desviación estándar		29,62346	
	Mínimo		34,00	
	Máximo		118,35	
	Rango		84,35	
	Rango intercuartil		46,72	
	Asimetría		-,594	,752
	Curtosis		-,570	1,481
Post24_Cadencia	Media		81,4438	10,07366
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	57,6233	
		Límite superior	105,2642	
	Media recortada al 5%		81,8819	
	Mediana		75,4000	
	Varianza		811,830	
	Desviación estándar		28,49262	
	Mínimo		38,40	
	Máximo		116,60	
	Rango		78,20	
	Rango intercuartil		51,56	
	Asimetría		-,024	,752
	Curtosis		-1,336	1,481
PostUlt_Cadencia	Media		84,6525	9,63186
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	61,8768	
		Límite superior	107,4282	
	Media recortada al 5%		85,0250	
	Mediana		81,6500	
	Varianza		742,182	

Desviación estándar	27,24301	
Mínimo	41,40	
Máximo	121,20	
Rango	79,80	
Rango intercuartil	46,81	
Asimetría	-,286	,752
Curtosis	-,797	1,481

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre_Cadencia	,471	8	,000	,512	8	,000
Post12_Cadencia	,214	8	,200	,913	8	,374
Post24_Cadencia	,181	8	,200	,928	8	,495
PostUlt_Cadencia	,175	8	,200	,947	8	,678

Notas

Salida creada	23-MAR-2016 13:51:56	
Comentarios		
Entrada	Datos	C:\Nacho\proyectos\CP_Osteotomía\Espacio-temporales.sav
	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos2
	Filtro	<ninguno>
	Ponderación	<ninguno>
	Segmentar archivo	<ninguno>
	N de filas en el archivo de datos de trabajo	10
Manejo de valor perdido	Definición de ausencia	Los valores perdidos definidos por el usuario se tratan como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos para todas las pruebas se basan en casos sin datos perdidos para cualquier variable utilizada.

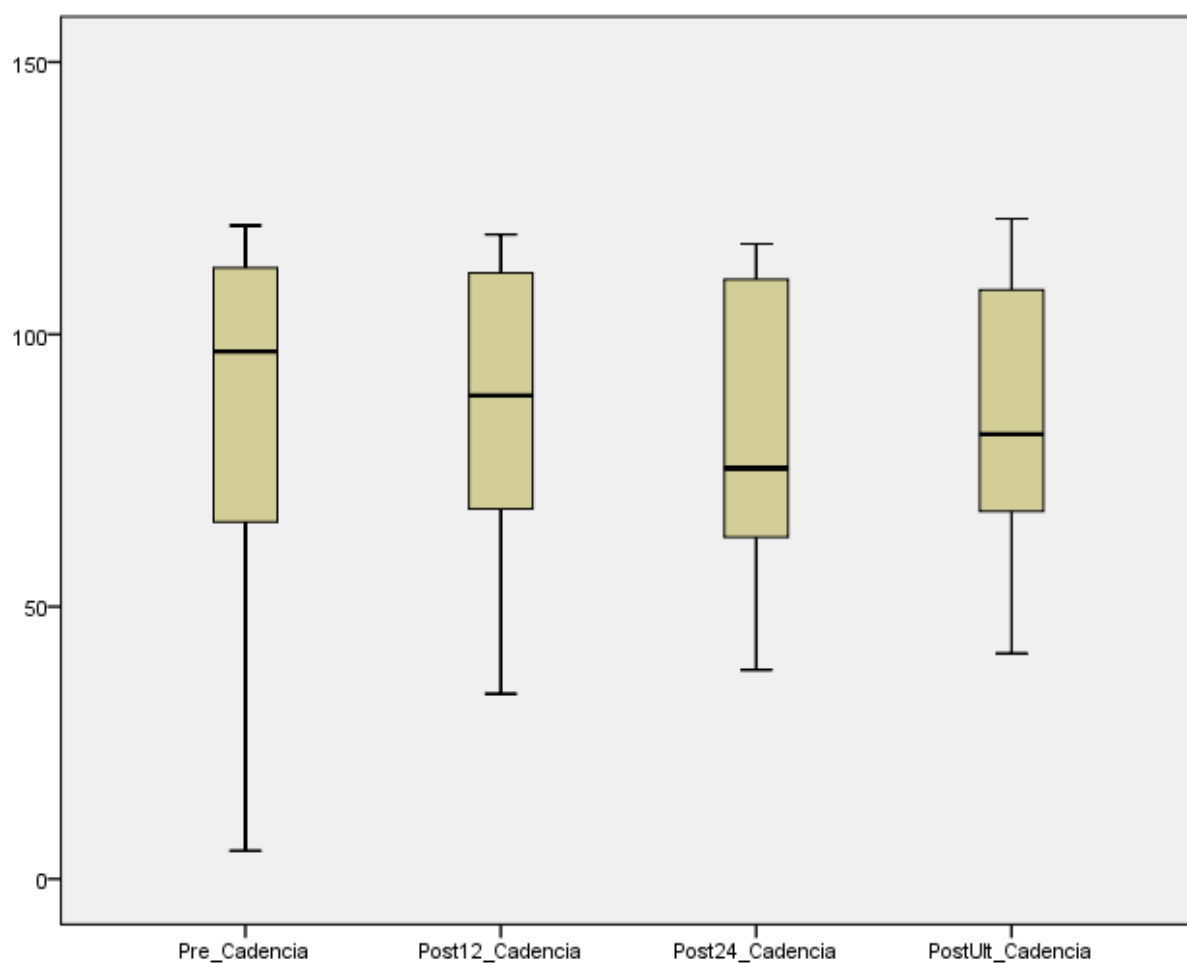
Sintaxis	NPAR TESTS /FRIEDMAN=Pre_Cadencia Post12_Cadencia Post24_Cadencia PostUlt_Cadencia /MISSING LISTWISE.	
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:00,03
	Tiempo transcurrido	00:00:00,00
	Número de casos permitidos	87381

Prueba de Friedman

Estadísticos de prueba

N	8
Chi-cuadrado	3,450
gl	3
Sig. asintótica	,327

No existen diferencias significativas en la cadencia entre los diferentes momentos temporales, de acuerdo al test de Friedman para muestras relacionadas
 $\chi^2(3) = 3.450, p = .327$)



3-Longitud de zancada.

3.1. Lado derecho

Descriptivos

		Estadístico	Error estándar
Pre_Zancada_D	Media	,6288	,06362
	95% de intervalo de confianza para la media		
	Límite inferior	,4783	
	Límite superior	,7792	
	Media recortada al 5%	,6269	
	Mediana	,5650	
	Varianza	,032	
	Desviación estándar	,17996	
	Mínimo	,41	
	Máximo	,88	
	Rango	,47	
	Rango intercuartil	,34	
	Asimetría	,428	,752

	Curtosis		-1,679	1,481
Post12_Zancada_D	Media		,6675	,10843
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,4111	
		Límite superior	,9239	
	Media recortada al 5%		,6644	
	Mediana		,5250	
	Varianza		,094	
	Desviación estándar		,30668	
	Mínimo		,28	
	Máximo		1,11	
	Rango		,83	
	Rango intercuartil		,55	
	Asimetría		,517	,752
	Curtosis		-1,396	1,481
Post24_Zancada_D	Media		,7050	,09717
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,4752	
		Límite superior	,9348	
	Media recortada al 5%		,7000	
	Mediana		,5850	
	Varianza		,076	
	Desviación estándar		,27485	
	Mínimo		,42	
	Máximo		1,08	
	Rango		,66	
	Rango intercuartil		,56	
	Asimetría		,605	,752
	Curtosis		-1,703	1,481
PostUlt_Zancada_D	Media		,7463	,09310
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,5261	
		Límite superior	,9664	
	Media recortada al 5%		,7514	
	Mediana		,7550	
	Varianza		,069	
	Desviación estándar		,26333	
	Mínimo		,31	
	Máximo		1,09	
	Rango		,78	
	Rango intercuartil		,41	
	Asimetría		-,326	,752
	Curtosis		-,821	1,481

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre_Zancada_D	,208	8	,200	,897	8	,271
Post12_Zancada_D	,286	8	,053	,881	8	,193
Post24_Zancada_D	,260	8	,118	,840	8	,076
PostUlt_Zancada_D	,181	8	,200	,953	8	,742

Prueba de esfericidad de Mauchly

Medida: Zancada_D

Efecto inter sujetos	W de Mauchly	Aprox. Chi-cuadrado	gl	Sig.	Épsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Límite inferior
tiempo	,361	5,836	5	,329	,705	1,000	,333

Pruebas de efectos dentro de sujetos

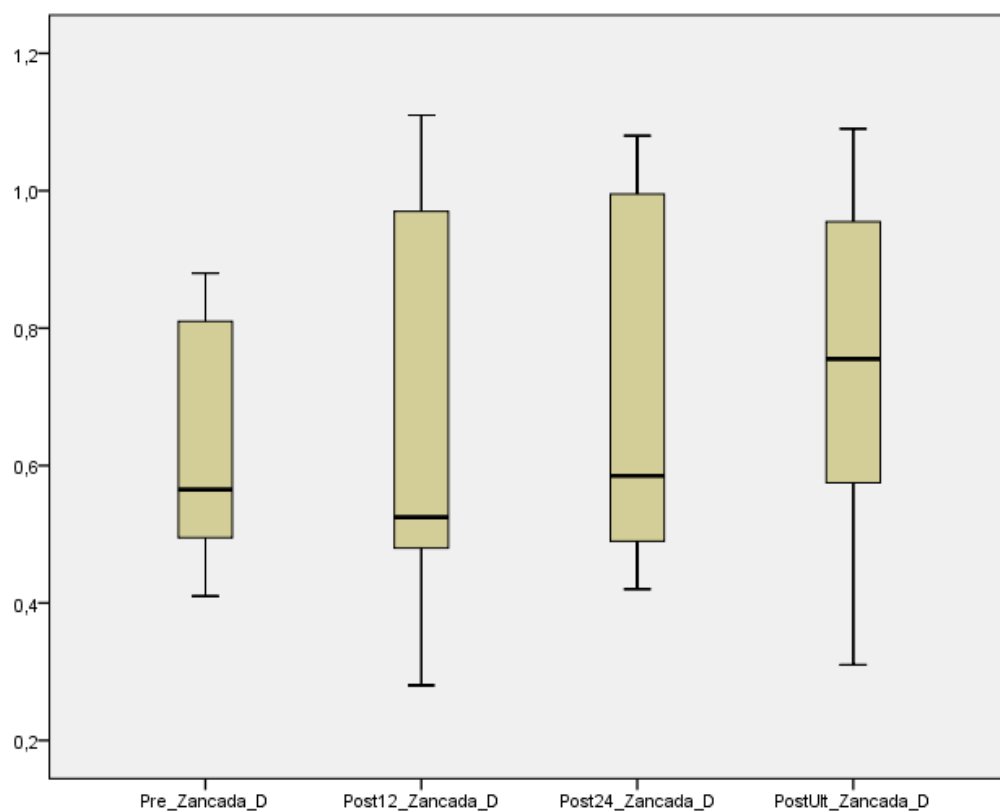
Medida: Zancada_D

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
tiempo	Esfericidad asumida	,061	3	,020	1,811	,176
	Greenhouse-Geisser	,061	2,116	,029	1,811	,197
	Huynh-Feldt	,061	3,000	,020	1,811	,176
	Límite inferior	,061	1,000	,061	1,811	,220
Error(tiempo)	Esfericidad asumida	,235	21	,011		
	Greenhouse-Geisser	,235	14,811	,016		
	Huynh-Feldt	,235	21,000	,011		
	Límite inferior	,235	7,000	,034		

No existen diferencias significativas en la zancada derecha entre los diferentes momentos temporales de acuerdo al test ANOVA para muestras relacionadas ($F(3,21) = 1.811$, $p = .176$)

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Medi a	Desviaci ón estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Pre_Zancada_D - Post12_Zancada_D	-,03667	,15961	,05320	-,15935	,08602	-,689	8	,510
Par 2	Pre_Zancada_D - Post24_Zancada_D	-,61400	1,66639	,52696	-1,80606	,57806	-,1165	9	,274
Par 3	Pre_Zancada_D - PostUlt_Zancada_D	-,13222	,18840	,06280	-,27704	,01259	-,2105	8	,068
Par 4	Post12_Zancada_D - Post24_Zancada_D	-,62444	1,76231	,58744	-1,97907	,73019	-,1063	8	,319
Par 5	Post12_Zancada_D - PostUlt_Zancada_D	-,07875	,15142	,05353	-,20534	,04784	-,1471	7	,185
Par 6	Post24_Zancada_D - PostUlt_Zancada_D	-,04333	,11413	,03804	-,13106	,04439	-,1139	8	,288



3.2. Lado izquierdo

Descriptivos

		Estadístico	Error estándar
Pre_Zancada_I	Media	,6375	,05818
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,4999
		Límite superior	,7751
	Media recortada al 5%	,6367	
	Mediana	,6000	
	Varianza	,027	

	Desviación estándar		,16456	
	Mínimo		,43	
	Máximo		,86	
	Rango		,43	
	Rango intercuartil		,33	
	Asimetría		,289	,752
	Curtosis		-1,636	1,481
Post12_Zancada_I	Media		,6400	,11406
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,3703	
		Límite superior	,9097	
	Media recortada al 5%		,6372	
	Mediana		,4900	
	Varianza		,104	
	Desviación estándar		,32262	
	Mínimo		,27	
	Máximo		1,06	
	Rango		,79	
	Rango intercuartil		,63	
	Asimetría		,480	,752
	Curtosis		-1,916	1,481
Post24_Zancada_I	Media		,7038	,10189
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,4628	
		Límite superior	,9447	
	Media recortada al 5%		,6969	
	Mediana		,5900	
	Varianza		,083	
	Desviación estándar		,28819	
	Mínimo		,40	
	Máximo		1,13	
	Rango		,73	
	Rango intercuartil		,57	
	Asimetría		,612	,752
	Curtosis		-1,534	1,481
PostUlt_Zancada_I	Media		,7388	,08649
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,5342	
		Límite superior	,9433	
	Media recortada al 5%		,7381	
	Mediana		,7500	
	Varianza		,060	
	Desviación estándar		,24462	

Mínimo	,38	
Máximo	1,11	
Rango	,73	
Rango intercuartil	,36	
Asimetría	,033	,752
Curtosis	-1,079	1,481

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre_Zancada_I	,159	8	,200	,921	8	,434
Post12_Zancada_I	,258	8	,124	,842	8	,080
Post24_Zancada_I	,239	8	,199	,874	8	,163
PostUlt_Zancada_I	,204	8	,200	,948	8	,688

Prueba de esfericidad de Mauchly

Medida: Zancada_I

Efecto inter sujetos	W de Mauchly	Aprox. Chi-cuadrado	gl	Sig.	Épsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Límite inferior
tiempo	,632	2,626	5	,761	,812	1,000	,333

Pruebas de efectos dentro de sujetos

Medida: Zancada_I

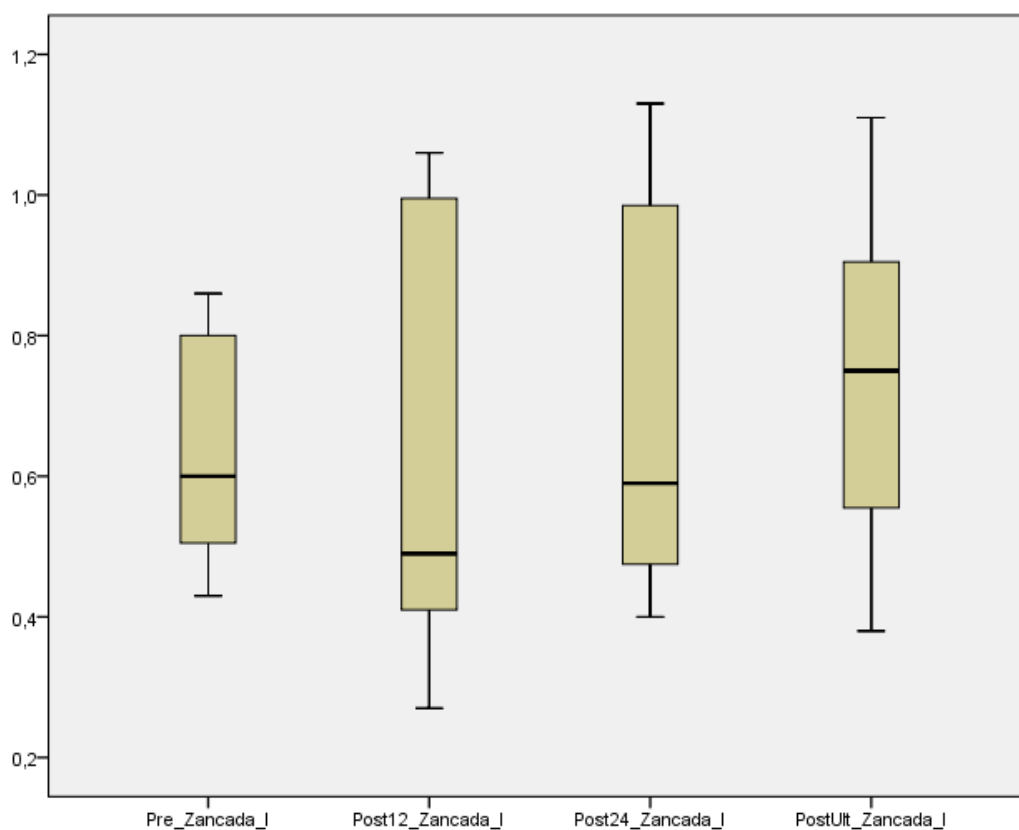
Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
tiempo	Esfericidad asumida	,059	3	,020	1,431	,262
	Greenhouse-Geisser	,059	2,436	,024	1,431	,268
	Huynh-Feldt	,059	3,000	,020	1,431	,262
	Límite inferior	,059	1,000	,059	1,431	,270
Error(tiempo)	Esfericidad asumida	,290	21	,014		
	Greenhouse-Geisser	,290	17,055	,017		
	Huynh-Feldt	,290	21,000	,014		

Límite inferior	,290	7,000	,041		
-----------------	------	-------	------	--	--

No existen diferencias significativas en la zancada izquierda entre los diferentes momentos temporales de acuerdo al test ANOVA para muestras relacionadas ($F(3,21) = 1.431$, $p = .262$)

Prueba de muestras emparejadas

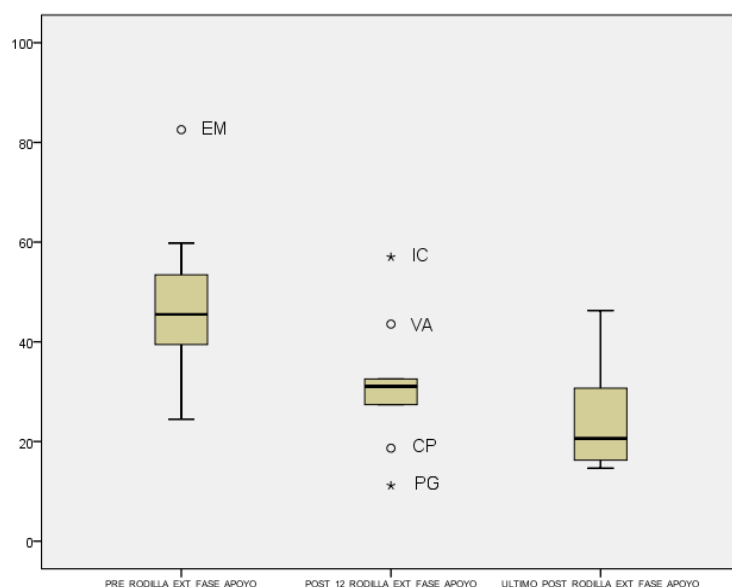
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Medi a	Desviaci ón estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Pre_Zancada_I - Post12_Zancada_I	-,00333	,17854	,05951	-,14057	,13390	-,056	8	,957
Par 2	Pre_Zancada_I - Post24_Zancada_I	-,06500	,16992	,05373	-,18655	,05655	-,1210	9	,257
Par 3	Pre_Zancada_I - PostUlt_Zancada_I	-,11667	,18207	,06069	-,25662	,02329	-,1922	8	,091
Par 4	Post12_Zancada_I - Post24_Zancada_I	-,05000	,11380	,03793	-,13747	,03747	-,1318	8	,224
Par 5	Post12_Zancada_I - PostUlt_Zancada_I	-,09875	,17050	,06028	-,24129	,04379	-,1638	7	,145
Par 6	Post24_Zancada_I - PostUlt_Zancada_I	-,03889	,12771	,04257	-,13706	,05928	-,913	8	,388



9.2.4. Cambios en valores cinemáticos críticos.

9.2.4.1 Extensión máxima de la rodilla en fase de apoyo.

Se observó una mejoría progresiva al año y al final del seguimiento, en la extensión máxima de la rodilla durante la fase de apoyo. La flexión media preoperatoria en la fase de apoyo fue de 48,5°, pasando a 31° al año y a 23 9° en el último seguimiento medio de 33 meses. Las mejoras estadísticamente significativas, según el test post hoc de Wilcoxon, se encuentran entre el preoperatorio y el postoperatorio de 12 meses ($Z = -2.310$, $p = .021$). También aparecen entre el preoperatorio y el postoperatorio de 33 meses ($Z = -2.601$, $p = .009$). No se pueden afirmar diferencias significativas entre los dos períodos de seguimiento ($Z = -.889$, $p = .374$).



Figura

Evolución de la extensión máxima en las 20 rodillas en la fase media de apoyo.

El aumento de la extensión registrado en el descenso de los grados de flexión de rodilla, muestra una mejora en la mediana de 14° al año y de 25° al final del seguimiento.

Los valores outliers recogidos al año desaparecieron al final.

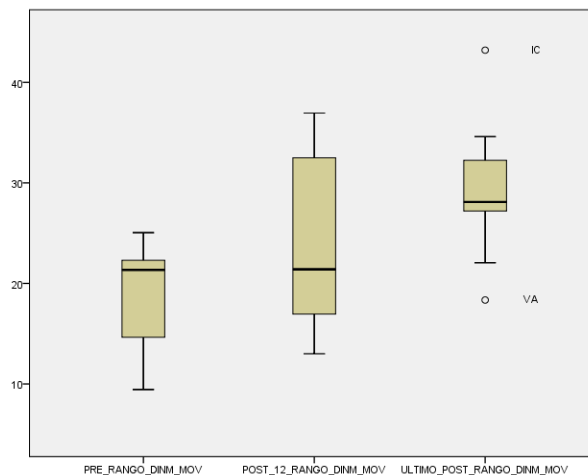
EXTENSIÓN MÁXIMA DE RODILLA EN FASE DE APOYO		PRE		POST 12 meses		POST 33 meses	
		<i>Estadístico</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Error estándar</i>
Media		48,4556	5,48772	31,3444	4,41547	23,8778	3,44905
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	35,8008		21,1624		15,9242	
	Límite superior	61,1103		41,5265		31,8313	
Media recortada al 5%		47,8951		31,0410		23,1475	
Mediana		45,5000		31,0500		20,6000	
Varianza		271,036		175,467		107,064	
Desviación estándar		16,46317		13,24640		10,34716	
Mínimo		24,45		11,15		14,65	
Máximo		82,55		57,00		46,25	
Rango		58,10		45,85		31,60	
Rango intercuartil		18,95		15,02		14,95	
Asimetría		,885	,717	,576	,717	1,443	,717
Curtosis		1,746	1,400	1,066	1,400	1,771	1,400

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRE_RODILLA_EXT_FASE_APOYO	,159	9	,200*	,951	9	,706
POST_12_RODILLA_EXT_FASE_APOYO	,242	9	,138	,948	9	,669
ULTIMO_POST_RODILLA_EXT_FASE_APOYO	,289	9	,029	,829	9	,044

9.2.4.2. Rango de movimiento de rodilla en el ciclo de marcha

Se observó al año un incremento progresivo en la diferencia entre la flexión máxima adquirida en la fase oscilante, y la extensión máxima de la rodilla en la de apoyo, que siguió progresando hasta el último seguimiento realizado a los 33 meses de media. De un valor medio de 18,52º se pasó a 24,93º al año y a 29,23º, a los 33 meses.

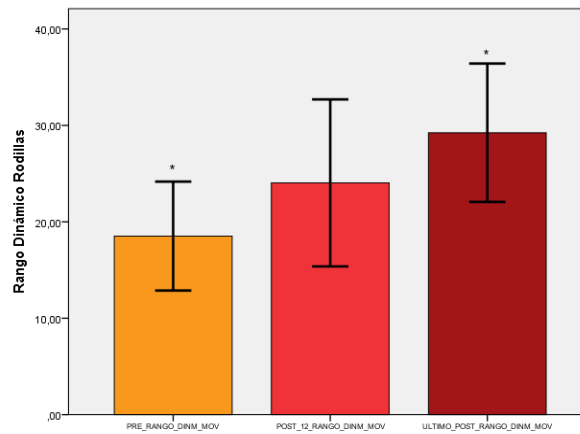
El test ANOVA de medidas repetidas arrojó diferencias significativas entre los distintos instantes de tiempo ($F(2,16) = 7.580$, $p = .005$). Las pruebas post hoc con corrección de Bonferroni muestran diferencias significativas entre el valor medio en el preoperatorio y el valor medio en el POST de 33 meses ($p = .002$), mientras que no mostró significación en el resto de pares ($p = .181$, $p = .536$, respectivamente).



Figura

Evolución en diagrama de cajas del rango de movimiento durante el ciclo de marcha.

El aumento del rango de movimiento con una media de 14º se incrementó 5º más al final.



Figura

Evolución en diagrama de barras de la ganancia del rango de movimiento.

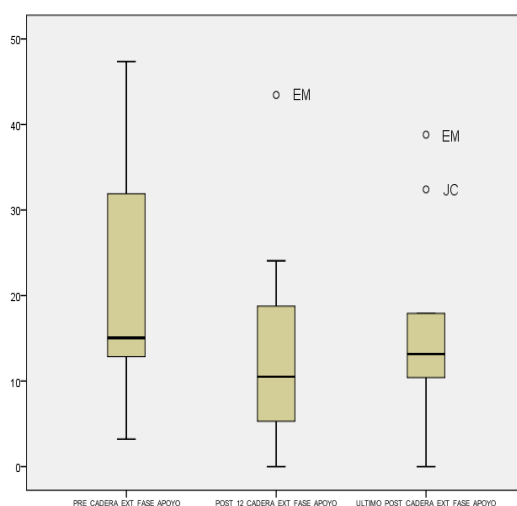
La progresión constante del rango de movimiento mejora la altura del pie con respecto al suelo.

RANGO DINÁMICO DE RODILLA		PRE		POST 12 meses		POST 33 meses	
		Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
Media		18,5222	1,88345	24,0333	2,88742	29,2389	2,39178
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	14,1790		17,3749		23,7234	
	Límite superior	22,8655		30,6917		34,7543	
Media recortada al 5%		18,6636		23,9287		29,0682	
Mediana		21,3500		21,4000		28,1000	
Varianza		31,926		75,035		51,485	
Desviación estándar		5,65034		8,66227		7,17534	
Mínimo		9,45		13,00		18,35	
Máximo		25,05		36,95		43,20	
Rango		15,60		23,95		24,85	
Rango intercuartil		9,63		16,92		8,80	
Asimetría		-,421	,717	,302	,717	,533	,717
Curtosis		-1,500	1,400	-1,493	1,400	1,053	1,400

9.2.4.3. Extensión máxima de cadera en apoyo.

Se observó una clara tendencia a la mejoría en la extensión máxima de la cadera durante la fase de apoyo al año de la cirugía. Ésta no resultó estadísticamente significativa y se mantuvo durante el seguimiento (ANOVA de medidas repetidas, $F(2,16) = 3.832$, $p = .044$; post hoc Bonferroni corregido: Pre-Post 12 meses: $p = .066$, Pre-Post 33 meses: $p = .296$, Post 24 meses -Post 33 meses: $p = 1.0$).

La extensión media inicial fue de 20,42º, mejorando al año hasta un valor medio de 13,6º y de 15,65º al final del seguimiento. Los cerca de 5º de mejoría final no supusieron una mejoría significativa.



Figura

Evolución en diagrama de cajas de la extensión máxima de la cadera al final de la fase final del periodo de apoyo del ciclo de marcha.

El incremento de extensión en la cadera, con una media de 6,8º, se redujo a 4,8º al final del seguimiento. La dispersión de los valores se fue reduciendo progresivamente.

EXTENSIÓN MÁXIMA DE CADERA EN FASE DE APOYO		PRE		POST 12 meses		Último seguimiento	
		Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
Media		20,4222	4,64896	13,6000	4,57612	15,6556	4,24978
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	9,7017		3,0475		5,8555	
	Límite superior	31,1427		24,1525		25,4556	
Media recortada al 5%		19,8830		12,6972		15,2395	
Mediana		15,0500		10,5000		13,1500	
Varianza		194,516		188,468		162,546	

Desviación estándar	13,94689		13,72835		12,74935	
Mínimo	3,20		,00		,00	
Máximo	47,35		43,45		38,80	
Rango	44,15		43,45		38,80	
Rango intercuartil	21,00		18,72		18,83	
Asimetría	,897	,717	1,372	,717	,823	,717
Curtosis	,190	1,400	2,067	1,400	,083	1,400

9.2.4.4. Dorsiflexión máxima de tobillo en fase de apoyo.

Según el test ANOVA de medidas repetidas, no hubo cambios estadísticamente significativos en la dorsiflexión del tobillo ($F(2,16) = 2.533$, $p = .111$). De los 10,58º iniciales, se pasó a 6,8º al año y 5,05º al final del seguimiento. Debido a los problemas en el control motor, o a la debilidad de los flexores plantares relacionados o no con cirugías previas, 4 de los 6 pacientes hicieron el estudio con la ortesis tobillo pie. Antes de la cirugía eran incapaces de usarlas.

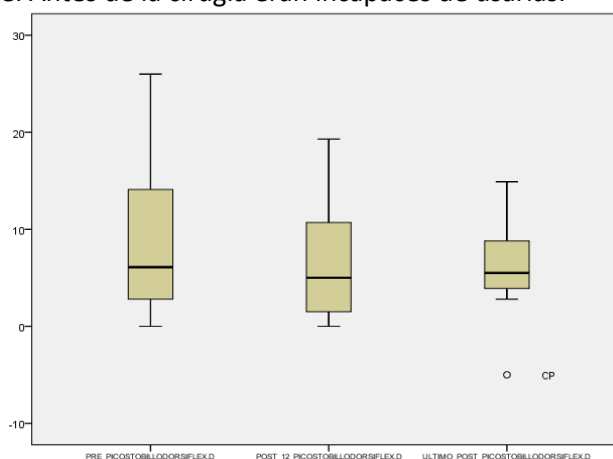


Figura Evolución en diagrama de cajas de la dorsiflexión máxima en periodo de apoyo.
La tendencia a talo característica de la marcha agachada se redujo por la cirugía y el manejo ortésico.

DORSIFLEXIÓN MÁXIMA DE TOBILLO EN FASE DE APOYO		PRE		POST 12 meses		POST 33 meses	
		Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
Media		10,5833	2,69039	6,8056	1,77753	5,0556	1,33571
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,3793		2,7066		1,9754	
	Límite superior	16,7874		10,9045		8,1357	
Media recortada al 5%		10,3954		6,5228		5,1645	
Mediana		6,9500		6,1500		5,8500	

Varianza	65,144		28,437		16,057	
Desviación estándar	8,07117		5,33259		4,00714	
Mínimo	1,50		,00		-2,50	
Máximo	23,05		18,70		10,65	
Rango	21,55		18,70		13,15	
Rango intercuartil	14,40		5,18		5,68	
Asimetría	,470	,717	1,401	,717	-,560	,717
Curtosis	-1,556	1,400	2,896	1,400	,391	1,400

9.2.4.5. Inclinación anterior media de la pelvis.

No hubo cambios significativos en la inclinación anterior media de la pelvis. Desde los 7,19° iniciales de media, se pasó a 7,86° al año, alcanzándose los 9,56° al final. Estos cambios fueron de poca relevancia estadística (Friedman $\chi^2(2) = .250, p = .882$).

El análisis de los datos se observó que este empeoramiento medio estaba condicionado por sólo uno de los valores obtenidos en cada momento del corte. El aumento de la desviación estándar con el paso del tiempo indica que, aunque algunos empeoraron, otros en cambio, mejoraron su inclinación pélvica.

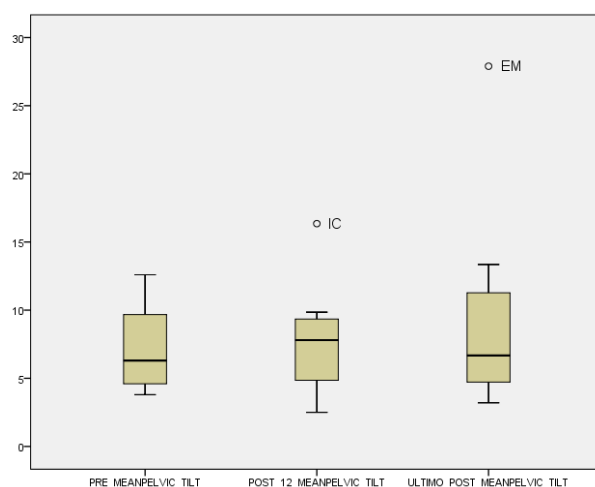


Figura Evolución en diagrama de cajas de la inclinación anterior media de la pelvis.

El mantenimiento de la inclinación anterior de la pelvis al año y a los 33 meses el escaso aumento de 2,4°, suponen un deterioro no estadísticamente significativo.

INCLINACIÓN ANTERIOR MEDIA DE LA PELVIS		PRE		POST 12 meses		POST 33 meses	
		Estadística	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
Media		7,1938	1,21741	7,8563	1,50260	9,5563	2,84991
95% de intervalo	Límite inferior	4,3150		4,3032		2,8173	

de confianza para la media	Límite superior	10,0725		11,4093		16,2952	
Media recortada al 5%		7,0819		7,6819		8,8903	
Mediana		6,3000		7,8000		6,6750	
Varianza		11,857		18,062		64,976	
Desviación estándar		3,44336		4,24999		8,06077	
Mínimo		3,80		2,50		3,20	
Máximo		12,60		16,35		27,90	
Rango		8,80		13,85		24,70	
Rango intercuartil		6,64		5,15		7,70	
Asimetría		,981	,752	,997	,752	2,071	,752
Curtosis		-,554	1,481	1,699	1,481	4,546	1,481

9.2.4.6. Índices globales de la deambulaci3n.

Se recogieron los valores al a1o, a los 2 a1os y en la evaluaci3n final, realizada entre los 30 y 36 meses, media 33 meses.

9.2.4.6.1.- Gait Deviation Index (GDI)

El 3ndice de desviaci3n de la marcha, “Gait Deviation Index” o GDI, mostr3 mejoras estad3sticamente significativas al a1o de tratamiento tras la ciru1a. Estas se mantuvieron durante las sucesivas evaluaciones, a los 2 a1os y tambi3n en el 3ltimo seguimiento. El GDI medio inicial fue de 63,28 puntos, mejorando hasta los 74,16 al a1o, 74,46 a los 2 a1os 73,99 puntos cerca a los 33 meses de seguimiento medio. Los cambios en este 3ndice se consideran cl3nicamente significativos si superan los 5 puntos y este valor se duplic3 durante los tres momentos escogidos para la medici3n de resultados.

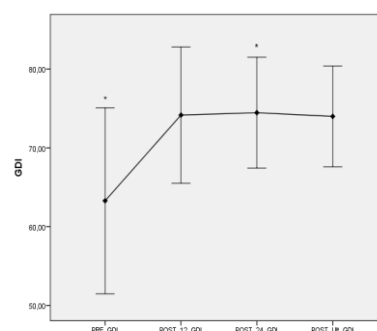
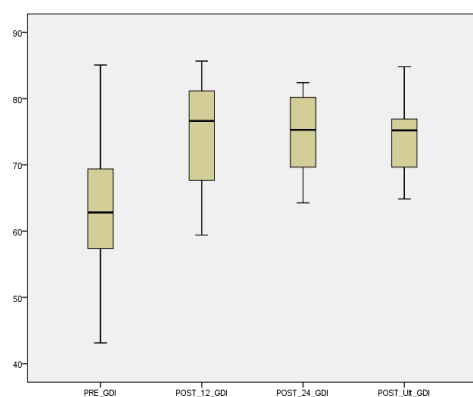


Figura Evolución en diagrama de cajas y registro de la trayectoria de medianas del índice GDI.

La mejora recogida al año supera los 10 puntos lo que implica sobrepasar más de dos veces valor mínimo clínicamente significativo, tanto al año como al final del seguimiento. La dispersión inicial observada al año de la cirugía, disminuye con claridad al final del seguimiento.

GDI		PRE		POST 12 meses		POST 24 meses		POST 33 meses	
		Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
Media		63,2839	3,93530	74,1667	2,88445	74,4650	2,34446	73,9972	2,13102
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	54,2091		67,5151		69,0587		69,0831	
	Límite superior	72,3587		80,8182		79,8713		78,9114	
Media recortada al 5%		63,1929		74,3485		74,5900		73,9044	
Mediana		62,8250		76,6250		75,2750		75,2000	
Varianza		139,380		74,881		49,469		40,871	
Desviación estándar		11,80591		8,65335		7,03339		6,39306	
Mínimo		43,14		59,41		64,27		64,86	
Máximo		85,07		85,66		82,41		84,81	
Rango		41,93		26,25		18,15		19,96	
Rango intercuartil		14,77		14,75		14,02		10,39	
Asimetría		,171	,717	-,476	,717	-,381	,717	,013	,717
Curtosis		1,013	1,400	-,827	1,400	-1,390	1,400	-,315	1,400

8.2.4.6.2. Gait Profile Score (GPS)

El Gait Profile Score es un índice que se mide en grados y recoge mejoras si el valor disminuye. Antes del tratamiento los valores capturados muestran una menor dispersión que la encontrada con los datos del GDI. La media inicial de 18,06°, más de 11° de los valores considerados normales, implica un deterioro de cerca de 7 veces el valor 1, 6° considerado como valor mínimo con cambio clínico significativo.

El valor medio inicial de 18,06°, pasó a 12,91° al año, 13,11° a los 2 años y 14,18° a los 33 meses. Los resultados cinemáticos al año, tuvieron un empeoramiento leve de 0,2 ° a los 2 años y de 1,2 ° cerca de los tres años. En ninguno de los casos que no supusieron un retroceso ni clínica ni estadísticamente significativo.

El descenso medio de 3,88° cerca de los 3 años, supone 2,43 veces el valor considerado como cambio mínimo clínicamente significativo.

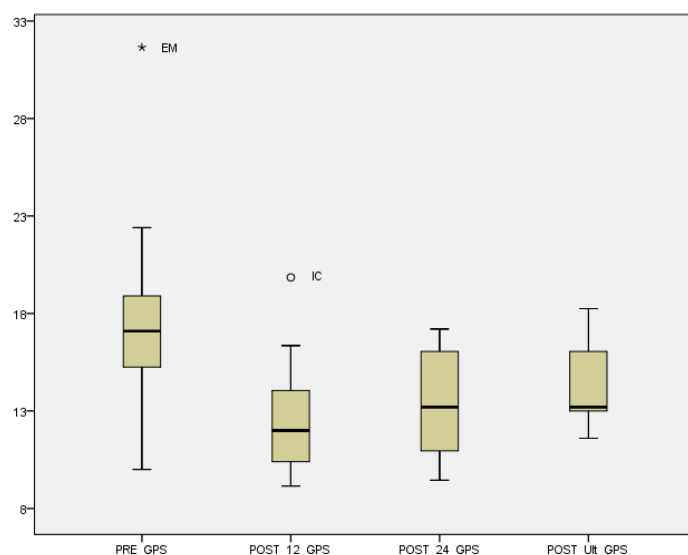


Figura Evolución en diagrama de cajas del índice GPS.

Los cambios más sustanciales observados al año implicaron una mejora 3,25 veces el valor mínimo clínicamente significativo, con leve deterioro al final del seguimiento, alcanzando 2,43 veces ese valor. La diferencia entre el GPS al año y en el último seguimiento, es menor de lo que se considera el valor de GPS con cambio clínicamente significativo.

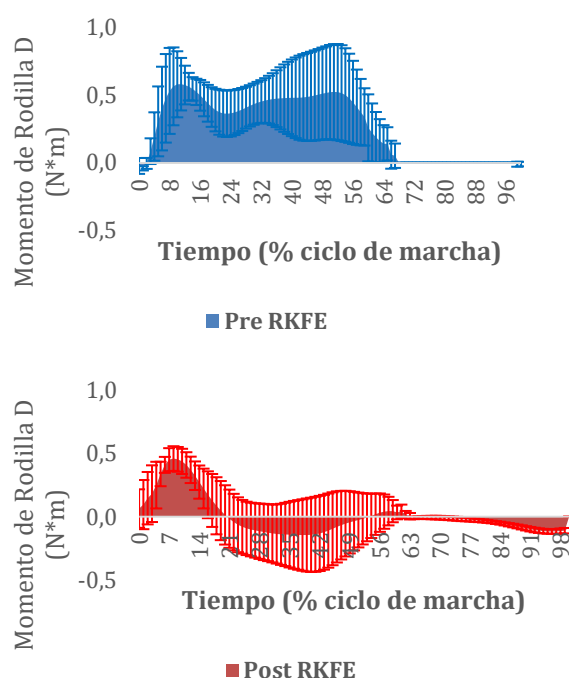
GPS		PRE		POST 12 meses		POST 24 meses		POST 33 meses	
		Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
Media		18,12	1,78	12,92	1,38	12,73	,98	14,13	,81
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	14,0093		9,7171		10,4677		12,2564	
	Límite superior	22,2351		16,1274		14,9989		16,0103	
Media recortada al 5%		17,9025		12,8136		12,7759		14,1370	
Mediana		17,1000		11,5000		12,6000		14,5000	
Varianza		28,629		17,387		8,688		5,963	
Desviación estándar		5,35065		4,16977		2,94746		2,44182	
Mínimo		10,40		7,90		8,10		10,10	
Máximo		29,80		19,90		16,60		18,10	
Rango		19,40		12,00		8,50		8,00	
Rango intercuartil		4,70		6,10		5,35		3,65	
Asimetría		1,159	,717	1,073	,717	-,002	,717	,011	,717
Curtosis		2,786	1,400	,044	1,400	-1,099	1,400	-,234	1,400

9.2.5. Cambios cinéticos de pacientes GMFCS II.

El pequeño tamaño de la muestra de pacientes a la que se podía realizar el estudio, solo 3 de ellos deambulaban sin necesidad de ayudas técnicas o de asistencia, condicionó la búsqueda de diferencias estadísticamente significativas.

El objetivo de la cirugía consistente en restaurar los momentos de fuerza y los valores cinéticos relacionados con los momentos críticos durante la fase de apoyo fueron evaluados, al final del seguimiento.

Se observaron mejorías en las gráficas del estudio cinético de la rodilla y la cadera en el último seguimiento en tres pacientes GMFCS II.



Fig

Comparativa pre- y post-tratamiento de los momentos de fuerza en la rodilla, expresado en oscilación de valores y áreas, en el paciente número 2.

En azul se recoge el trazado que muestra el predominio de los momentos de fuerza de la rodilla recogidos en tres ciclos. En rojo, tras la cirugía se normaliza el trazado, con disminución del momento interno extensor durante el apoyo unipodal. El área que aparece debajo de la curva, representa el sumatorio de los valores después del tratamiento se aproximal a la normalidad.

La métrica cinética escogida para el estudio comparativo en la rodilla y la cadera, fue el impulso angular definido por el sumatorio de los momentos de fuerza multiplicado por el tiempo. Este parámetro ofrece una idea más global de la importancia del momento de fuerza que cada grupo muscular tiene, ya que ofrece información sobre el área que existe debajo de la gráfica del momento de fuerza.

Utilizado en la estimación del MAP Movement Analysis Profile por Baker, el concepto de las áreas que queda bajo la gráfica ha sido utilizada como medida del movimiento o fuerza que exista a cada lado de la articulación.

En el tobillo por el momento en el que ocurre el valor máximo del momento de fuerza plantar si es suficiente para proporcionar la información necesaria la función en la marcha de los flexores plantares como propulsores.

I. Impulso angular en la rodilla producido por el momento de fuerza extensor en la rodilla en fase de apoyo.

La fuerte tendencia al descenso del impulso del momento extensor explicaba la disminución en la sollicitación del cuádriceps para mantener la rodilla extendida.

Al mejorar la alineación de la rodilla y resolver el acortamiento del brazo de palanca en la tibia distal y en el pie, el aparato extensor se veía menos demandado para evitar el colapso en la postura erguida del paciente, especialmente durante el apoyo unipodal.

Estudiando los lados por separado, en la rodilla derecha los resultados obtenidos fueron mucho mejores que los de la izquierda, arrastrados éstos por los datos recogidos en 2 de los 3 los pacientes a los que se no se le hizo el descenso de rótula.

Las diferencias condicionadas por los resultados del lado izquierdo y el pequeño tamaño de la muestra no llegaron a ser estadísticamente significativas.

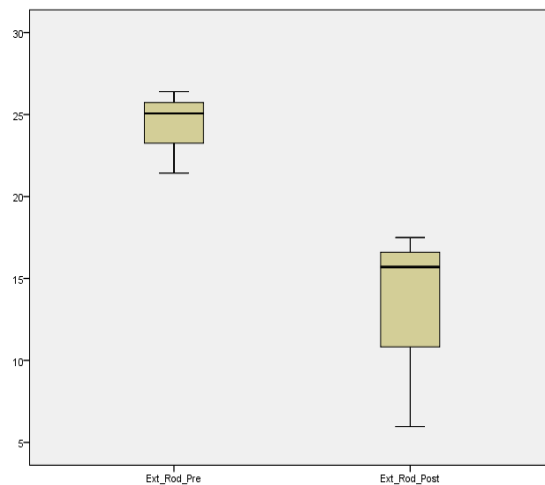


Fig. Resultado del sumatorio de los valores de los momentos extensores en rodilla.

La reducción del momento interno extensor de rodilla en los tres pacientes que deambulaban sin ayuda de dispositivos de asistencia y sin ortesis de reacción, confirmó la eficacia de la cirugía en las 6 extremidades analizadas.

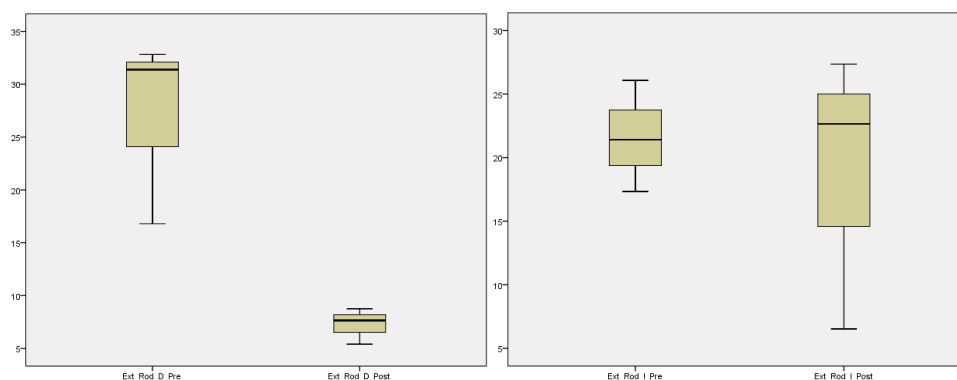


Fig. Resultado del sumatorio de valores extensores en la rodilla diferenciados por lados.

La reducción del momento extensor en las seis extremidades analizadas mostraron una tendencia clara a la significación estadística en el lado derecho a pesar del escaso tamaño de la muestra. La dispersión encontrada en los resultados del lado izquierdo por los malos resultados obtenidos en dos pacientes, justifican los valores medios discretamente peores.

En todos los casos el momento de fuerza se relaciono con absorción de potencia, lo que reflejaba el papel de la contracción excéntrica del cuádriceps para evitar el colapso de la postura del paciente.

II. Impulso angular en la cadera producido por el momento de fuerza extensor de cadera durante la primera mitad de la fase de apoyo.

Los valores recogidos representan el conjunto de muestras tendencia a aumentar este momento de fuerza sin poder concluir su significación (t-test muestras relacionadas, $t(2) = -.790$, $p = .512$).

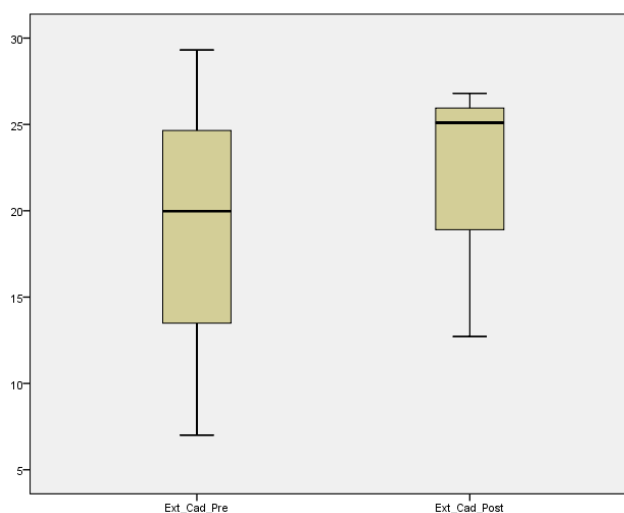


Fig. Resultado obtenido del total de los valores extensores de cadera en la fase de apoyo .

El aumento del momento extensor de cadera no llegó a ser estadísticamente significativo y puede reflejar la tendencia de los extensores a evitar la inclinación de la pelvis y la mejora de la función de estos como propulsores en el periodo de respuesta a la carga.

Aunque en el momento del contacto inicial se relacionaba con el aumento de absorción de potencia, que permite sujetar la inclinación anterior de la pelvis, el resto del aumento observado a durante la primera mitad del periodo de apoyo es por generación de la misma. La función

optimizada de los isquiosurales como extensores de cadera tras la extensión de rodilla, les permitiría recuperar parte de su función como propulsores.

III. Impulso angular en la cadera producido por el momento de fuerza flexor de cadera la segunda mitad de la fase de apoyo.

Los valores muestran un aumento claro de la tendencia a aumentar los momentos de fuerza flexora de la cadera al acercarse el periodo oscilante. Tras normalizarse la marcha, la función de propulsión del iliopsoas viene precedida por una contracción excéntrica del mismo. La mejor postura del paciente, se asocia al final del periodo de apoyo a con el mayor momento de fuerza flexor asociado a un aumento de absorción de potencia. Los cambios registrados no llegaron a ser estadísticamente significativos.

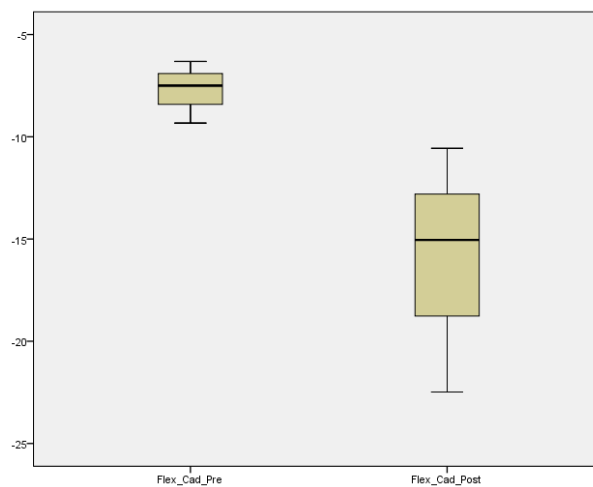


Fig. Resultado obtenido del total de momentos flexores en cadera en la segunda mitad de la fase de apoyo.

La aparición de los momentos flexores recogidos en valores negativos representa la aparición de su contracción excéntrica para, absorbiendo potencia, prepara a los flexores de cadera como propulsores.

No se constatan diferencias estadísticamente significativas en global (t-test muestras relacionadas, $t(2) = 2.473$, $p = .132$), ni en el lado derecho (t-test muestras relacionadas, $t(2) = 1.349$, $p = .310$), ni en el lado izquierdo (Wilcoxon muestras relacionadas, $Z = 1.604$, $p = .109$).

IV. Máximo de momento de fuerza de la flexión plantar en tobillo al final del apoyo.

Aunque en el lado derecho se apreció un incremento en el momento de fuerza este no llegó a ser estadísticamente significativo. La asimetría de la afectación que aparece reflejada por la mayor debilidad en el lado izquierdo se correlaciona con la ausencia de disminución encontrada en el momento extensor de rodilla de ese lado.

Flexión plantar tobillo Derecha

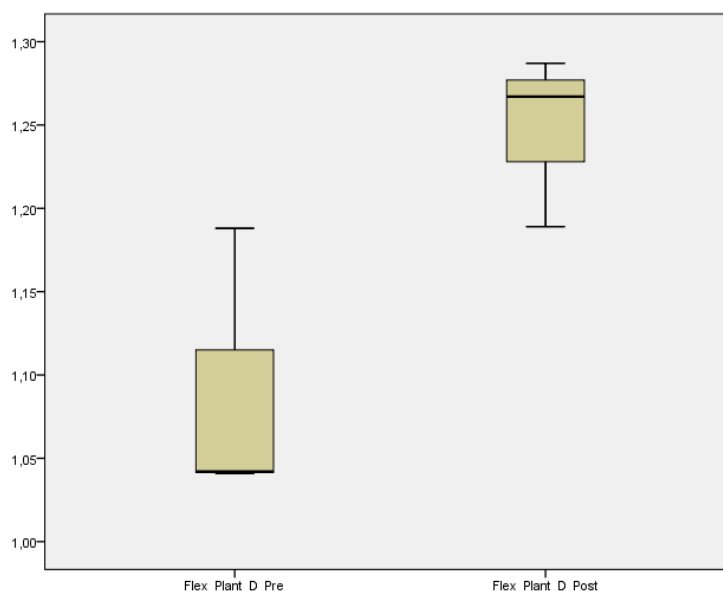
Descriptivos

		Estadístico	Error estándar
Flex_Plant_D_Pre	Media	1,09033	,048834
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	,88022 1,30045
	Media recortada al 5%	.	.
	Mediana	1,04200	.
	Varianza	,007	.
	Desviación estándar	,084583	.
	Mínimo	1,041	.
	Máximo	1,188	.
	Rango	,147	.
	Rango intercuartil	.	.
	Asimetría	1,732	1,225
	Curtosis	.	.
Flex_Plant_D_Post	Media	1,24767	,029896
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,11903 1,37630
	Media recortada al 5%	.	.
	Mediana	1,26700	.
	Varianza	,003	.
	Desviación estándar	,051782	.
	Mínimo	1,189	.
	Máximo	1,287	.
	Rango	,098	.
	Rango intercuartil	.	.
	Asimetría	-1,446	1,225
	Curtosis	.	.

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
Flex_Plant_D_Pre	,755	3	,011
Flex_Plant_D_Post	,895	3	,371

No existen diferencias significativas PRE-POST en la flexión plantar derecha según el test de Wilcoxon de rangos con signo ($Z = 6$, $p = .109$)



Flexión plantar tobillo Izquierda

Descriptivos

		Estadístico	Error estándar
Flex_Plant_I_Pre	Media	1,15967	,117113
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	,65577 1,66356
	Media recortada al 5%	.	.
	Mediana	1,14600	.
	Varianza	,041	.
	Desviación estándar	,202846	.
	Mínimo	,964	.
	Máximo	1,369	.
	Rango	,405	.
	Rango intercuartil	.	.
	Asimetría	,302	1,225
	Curtosis	.	.
Flex_Plant_I_Post	Media	1,45367	,181900
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	,67102 2,23632

Media recortada al 5%	.	
Mediana	1,33900	
Varianza	,099	
Desviación estándar	,315059	
Mínimo	1,212	
Máximo	1,810	
Rango	,598	
Rango intercuartil	.	
Asimetría	1,421	1,225
Curtosis	.	.

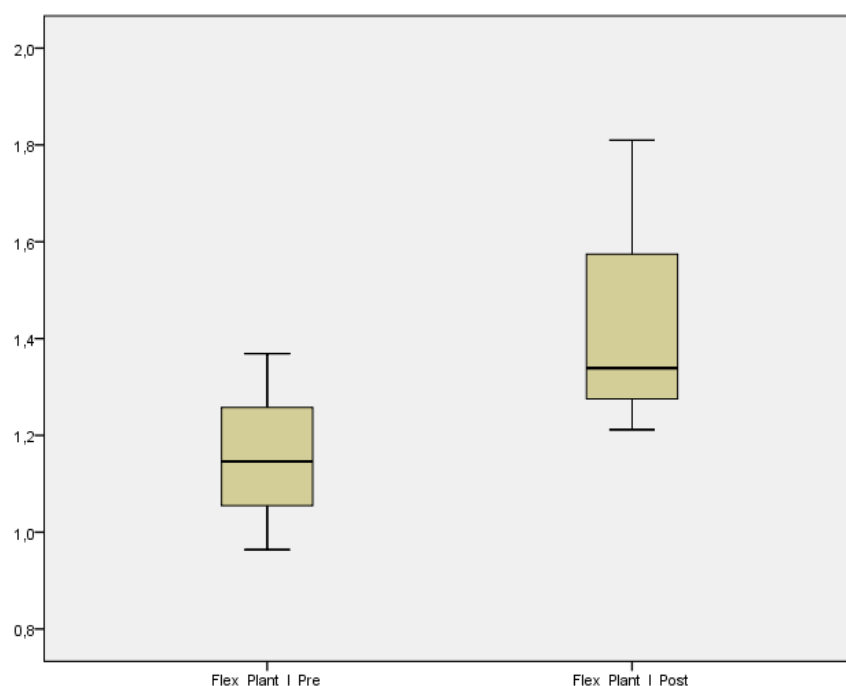
Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
Flex_Plant_I_Pre	,997	3	,888
Flex_Plant_I_Post	,901	3	,388

Prueba de muestras emparejadas

	Prueba de muestras emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Diferencias emparejadas							
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Flex_Plant_I_Pre - Flex Plant I Post	- ,294000	,509071	,293912	-1,558602	,970602	-1,000	2	,423

No existen diferencias significativas PRE-POST en la flexión plantar izquierda según el test T de muestras relacionadas ($t(2) = -1$, $p = .423$)



9.2.6. Cambios funcionales.

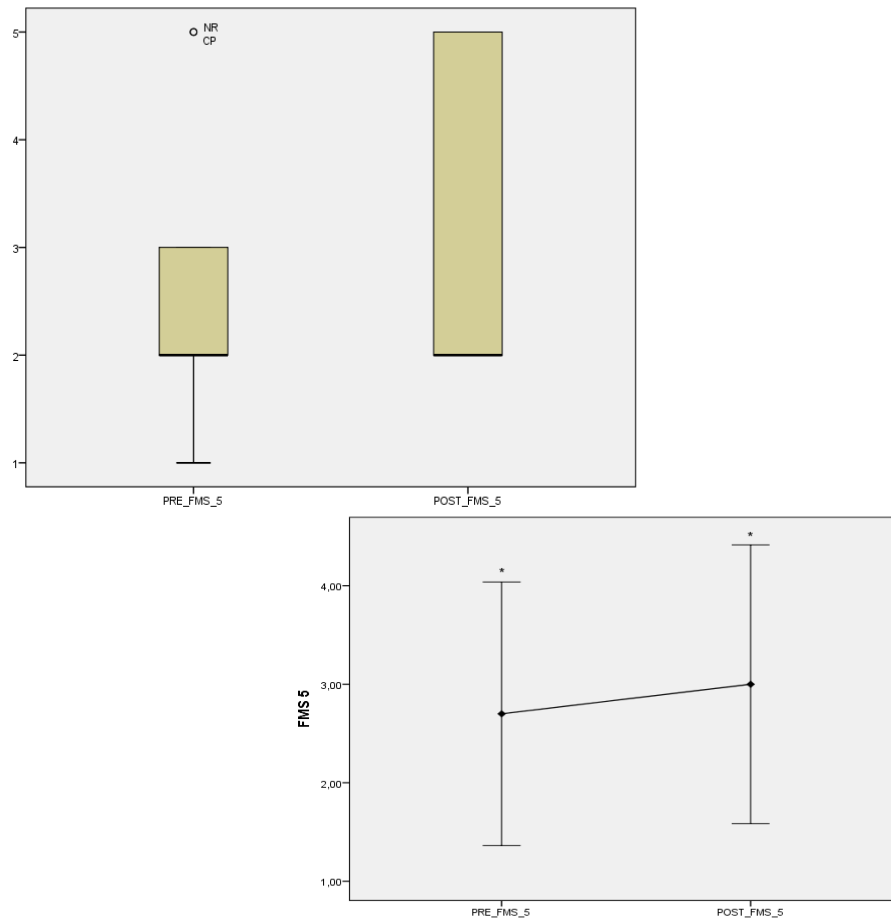
9.2.6.1. Escala GMFCS.

Los cambios cinemáticos y funcionales no se tradujeron en mejoras en la clasificación GMFCS. Los 3 pacientes nivel II y los 4 con nivel III permanecieron en su misma situación, a pesar de los positivos cambios referidos por las familias.

9.2.6.2. Escala Functional Mobility Scale (FMS).

Los valores muestran un aumento estadísticamente significativo de la autonomía en los pacientes en las distancias de 5 y 50 metros. Los resultados estadísticos para la primera distancia fue para 5 metros una $p = 0.011$ y en 50 metros $p = 0.039$.

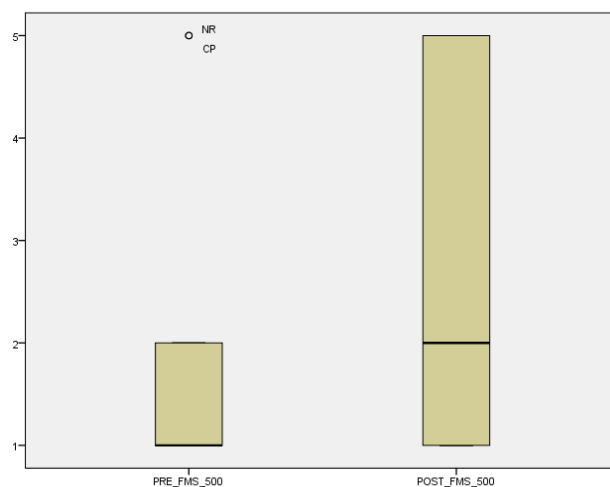
En el diagrama de cajas que recoge los resultados en 5 metros, se observó que, aunque la mediana fuera la misma, la dispersión de los valores encontrada en el post-operatorio reflejaban tendencia a la mejoría. Este hecho se percibió con mayor claridad en la distancia de 50 metros. En la distancia de 500 metros la tendencia a la mejoría fue clara, pero sin resultar significativa $p = 0.109$.



Descriptivos				
			Estadístico	Error estándar
PRE_FMS_5	Media		2,7000	,42295
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,7432	
		Límite superior	3,6568	
	Media recortada al 5%		2,6667	
	Mediana		2,0000	
	Varianza		1,789	
	Desviación estándar		1,33749	
	Mínimo		1,00	
	Máximo		5,00	
	Rango		4,00	
	Rango intercuartil		1,50	
	Asimetría		1,031	,687
	Curtosis		,130	1,334
POST_FMS_5	Media		3,0000	,44721
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,9883	
		Límite superior	4,0117	

	Media recortada al 5%	2,9444	
	Mediana	2,0000	
	Varianza	2,000	
	Desviación estándar	1,41421	
	Mínimo	2,00	
	Máximo	5,00	
	Rango	3,00	
	Rango intercuartil	3,00	
	Asimetría	,884	,687
	Curtosis	-1,393	1,334

Descriptivos				
			Estadístico	Error estándar
PRE_FMS_50	Media		2,1000	,50442
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,9589	
		Límite superior	3,2411	
	Media recortada al 5%		2,0000	
	Mediana		1,5000	
	Varianza		2,544	
	Desviación estándar		1,59513	
	Mínimo		1,00	
	Máximo		5,00	
	Rango		4,00	
	Rango intercuartil		1,75	
	Asimetría		1,441	,687
	Curtosis		,676	1,334
POST_FMS_50	Media		2,9000	,50442
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,7589	
		Límite superior	4,0411	
	Media recortada al 5%		2,8889	
	Mediana		2,5000	
	Varianza		2,544	
	Desviación estándar		1,59513	
	Mínimo		1,00	
	Máximo		5,00	
	Rango		4,00	
	Rango intercuartil		3,25	
	Asimetría		,407	,687
	Curtosis		-1,427	1,334

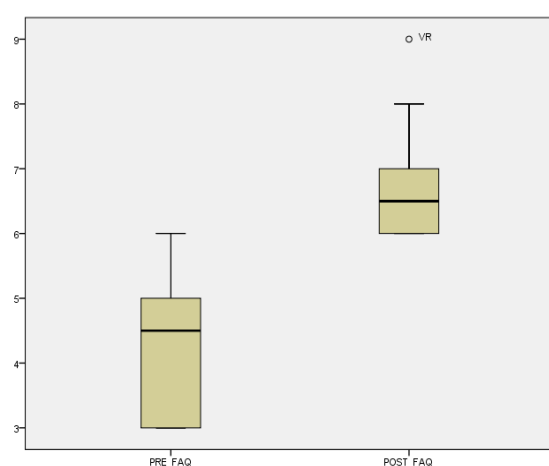


Descriptivos				
			Estadístico	Error estándar
PRE_FMS_500	Media		1,9000	,52599
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,7101	
		Límite superior	3,0899	
	Media recortada al 5%		1,7778	
	Mediana		1,0000	
	Varianza		2,767	
	Desviación estándar		1,66333	
	Mínimo		1,00	
	Máximo		5,00	
	Rango		4,00	
	Rango intercuartil		1,75	
	Asimetría		1,644	,687
	Curtosis		1,058	1,334
POST_FMS_500	Media		2,6000	,56174
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,3292	
		Límite superior	3,8708	
	Media recortada al 5%		2,5556	
	Mediana		2,0000	
	Varianza		3,156	
	Desviación estándar		1,77639	
	Mínimo		1,00	

	Máximo	5,00	
	Rango	4,00	
	Rango intercuartil	4,00	
	Asimetría	,612	,687
	Curtosis	-1,577	1,334

9.2.6.3. Cuestionario “Functional Ambulatory Questionnaire” FAQ

Los valores medios mostraron un cambio significativo desde un nivel FAQ previo de 4,4 a uno de 6,8 (Wilcoxon de muestras relacionadas, $Z = -2.699$, $p = .007$). Este cambio superior a los dos puntos de media reflejaba el aumento de autonomía del paciente.



FAQ		PRE		Último seguimiento	
		Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
Media		4,4000	,37118	6,8000	,32660
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,5603		6,0612	
	Límite superior	5,2397		7,5388	
Media recortada al 5%		4,3889		6,7222	
Mediana		4,5000		6,5000	
Varianza		1,378		1,067	
Desviación estándar		1,17379		1,03280	
Mínimo		3,00		6,00	
Máximo		6,00		9,00	
Rango		3,00		3,00	
Rango intercuartil		2,25		1,25	
Asimetría		,041	,687	1,241	,687
Curtosis		-1,457	1,334	,946	1,334

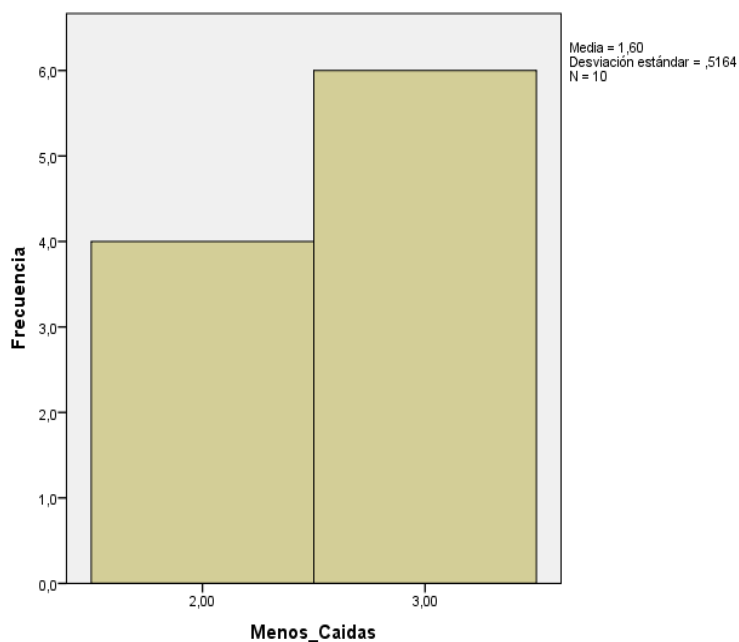
La obtención de una mejoría media que supera los dos niveles FAQ, se correlaciona con el número de veces que se aumentaron los valores mínimos clínicamente significativos en los índices GDI y GPS.

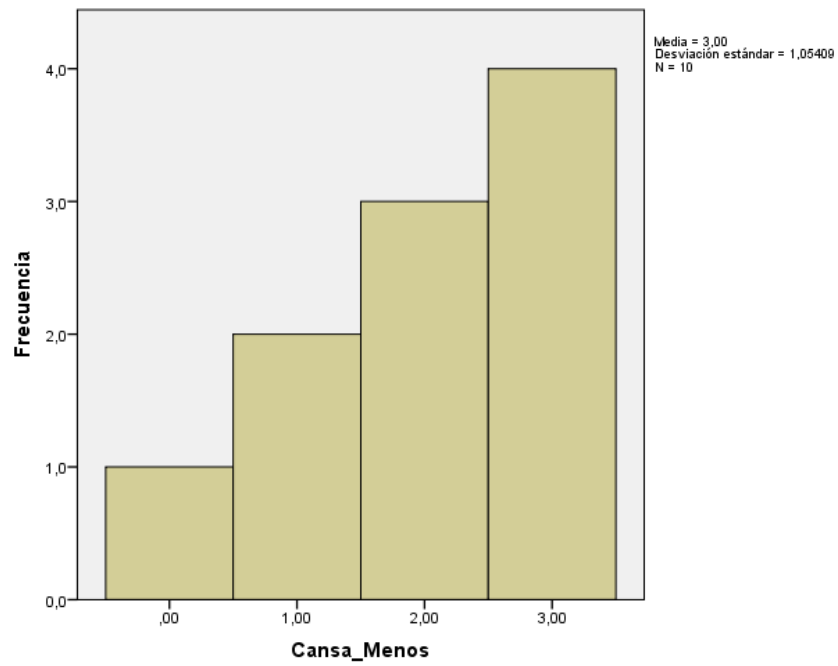
9.2.7. Cuestionario de satisfacción.

9.2.7.1. Ítems de valoración funcional del cuestionario del centro.

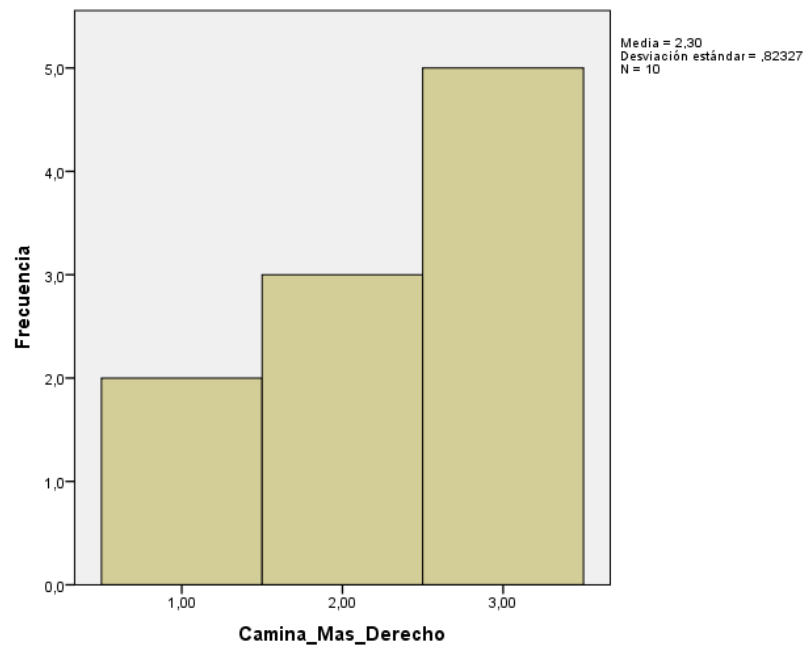
Globalmente todos los aspectos funcionales fueron evaluados positivamente por parte de las familias.

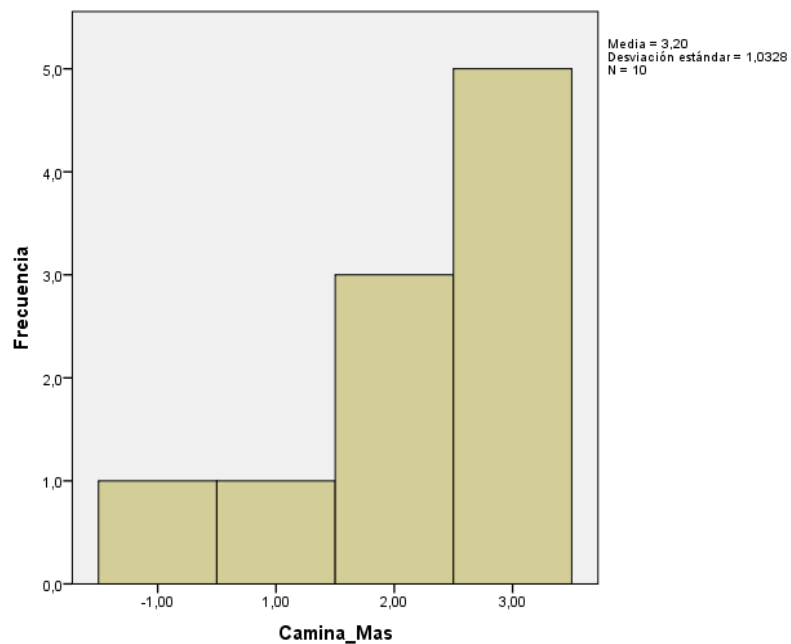
En el cuestionario realizado telefónicamente los ítems funcionales se puntuaban desde -3 a +3 según notaban mucho empeoramiento o mucha mejoría respectivamente. Ello permitió distinguir cual de los aspectos en el que más se fijan las familias, mejoró más. El menor número de caídas, con 26 puntos de 30 posibles, fue el más destacado. El ítem que menos mejoría obtuvo, fue el de menor fatiga, con 19 puntos de 30 posibles.





El segundo aspecto destacado por las familias fue el de caminar más derecho obtuvo 22 puntos y el tercero el de caminar más 21, ambos sobre 30 puntos posibles.



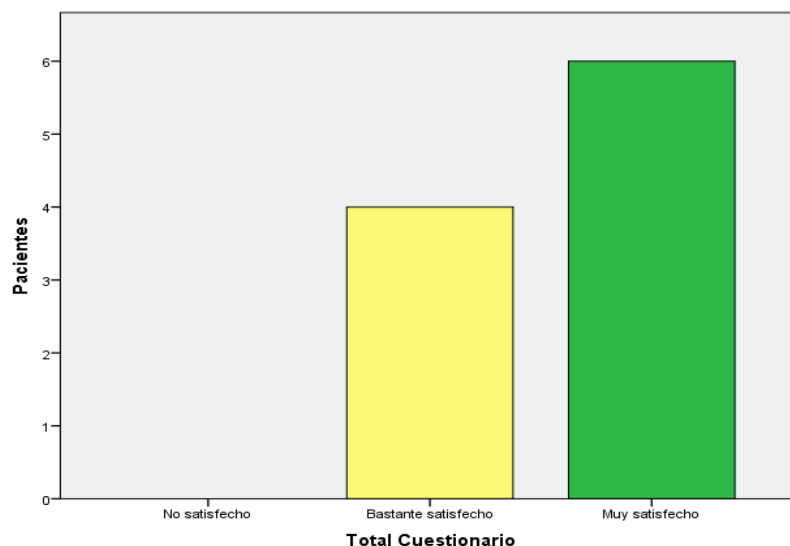


La opinión del fisioterapeuta que habitualmente le trataba fue favorable en todos los casos, y en 9 de los 10 casos, las personas ajenas a la familia habían notado un cambio importante al volverle a ver tras el tratamiento.

Finalmente 7 de 10 familias afirmaron salir más a la calle.

9.2.7.2. Valoración de satisfacción de las familias.

El 60% de las familias se declararon muy satisfechos apreciando una mejoría muy buena al final del tratamiento y el 40% bastante satisfechos al referir bastante mejoría.



La mejora de la postura, con ganancia de altura, incremento de la autonomía del paciente y la desaparición del dolor en cara anterior de rodilla, descrito en 6 de los 10 casos, fueron los ítems que más justificaron el grado de satisfacción referido.

9.3. Resultados Hipótesis 3ª.

Las pruebas de normalidad de la distribución de los resultados de los valores de cada índice, desde el inicio, al año, a los dos años y al final del seguimiento, se realizaron con el test de Shapiro-Wilk.

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
GDI_PRE	,965	18	,695
GDI_12_PRE	,930	18	,194
GDI_24_PRE	,947	18	,380
GDI_ULT_PRE	,938	18	,269

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
GPS_PRE	,907	18	,075
GPS_12_PRE	,929	18	,186
GPS_24_PRE	,939	18	,280
GPS_ULT_PRE	,965	18	,697

9.3.1. Predictibilidad de resultados con el Gait Deviation Index.

- 1- Los valores que recogían el incremento encontrado en el GDI tras el tratamiento, mostraron una correlación lineal que se hizo de manera progresiva más fuerte desde el año hasta el final del seguimiento.
- 2- La capacidad de predecir el resultado a los 2 años y a los 3 años fue mayor que los obtenidos al año, al alcanzar el valor de 0,943 y de 1 en la correlación de Pearson.

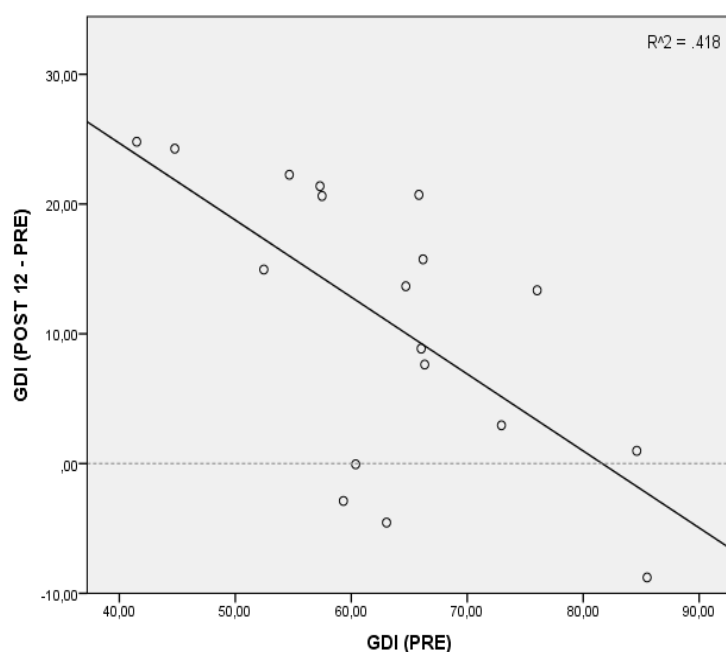


Figura .

Distribución de los resultados del GDI de las extremidades inferiores al año.

Los incrementos del GDI post-cirugía se obtuvieron cuanto peor era el valor previo tras un año de tratamiento. Las mejoras alcanzadas al año tuvieron la tendencia a la agrupación lineal.

CORRELACIONES		GDI_PRE	GDI_12_PRE	GDI_24_PRE	GDI_ULT_PRE
GDI_PRE	Correlación de Pearson	1	-,647	-,800	-,815
	Sig. (bilateral)		,004	,000	,000
	N	20	18	20	18
GDI_12_PRE	Correlación de Pearson	-,647	1	,784	,762
	Sig. (bilateral)	,004		,000	,000
	N	18	18	18	18
GDI_24_PRE	Correlación de Pearson	-,800	,784	1	,943
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000
	N	20	18	20	18
GDI_ULT_PRE	Correlación de Pearson	-,815	,762	,943	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	
	N	18	18	18	18

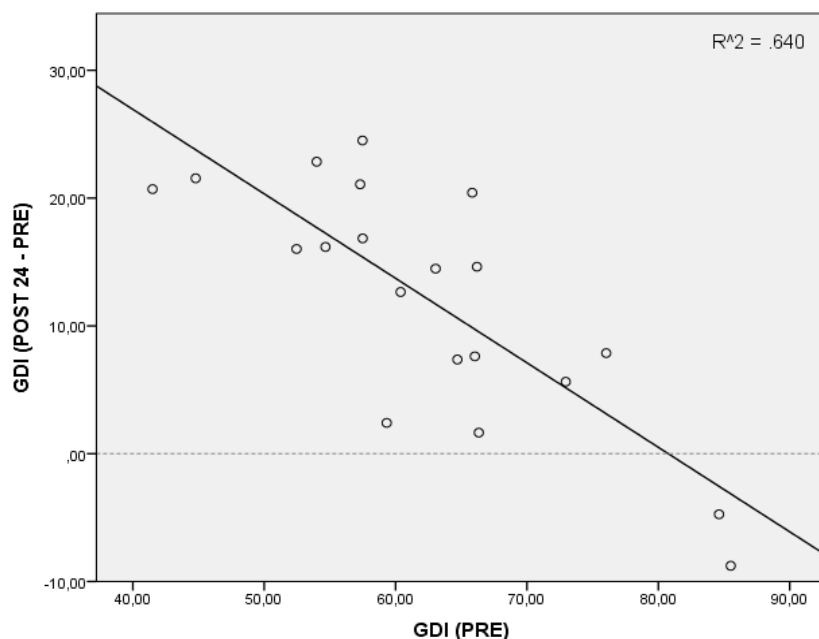


Figura .

Distribución de los resultados del GDI de las extremidades inferiores a los dos años.

La tendencia a un incremento mayor, mostró también una mayor aproximación a la linealidad en los resultados obtenidos al agruparse estos más cerca de la pendiente.

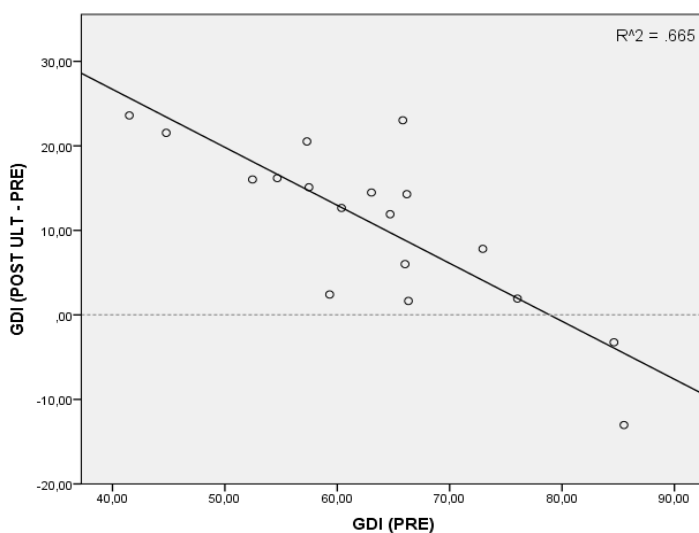


Figura .

Distribución de los resultados del GDI de las extremidades inferiores a los 33 meses.

La progresiva concentración de los valores en torno a la línea media, revelan la mayor fiabilidad del GDI en la capacidad de predicción de resultados cuanto mayor es el seguimiento.

9.3.2. Predictibilidad de resultados con el Gait Profile Score.

El valor que recoge el descenso en grados del GPS tras el tratamiento, y por tanto la mejoría clínica, mostró desde el año de seguimiento muy poca dispersión. Ello permite prever mejor el resultado que se va a obtener tras 12 meses.

Como en el caso del GDI, cuanto peor era el GPS inicial más cambios favorables se obtienen. La predictibilidad de los resultados en función de la situación inicial, es también progresivamente mejor a los 24 meses y cerca de los 3 años.

		GPS_PRE	GPS_12_PRE	GPS_24_PRE	GPS_ULT_PRE
GPS_PRE	Correlación de Pearson	1	-,813	-,893	-,941
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,000
	N	20	18	20	18
GPS_12_PRE	Correlación de Pearson	-,813	1	,845	,805
	Sig. (bilateral)	,000		,000	,000
	N	18	18	18	18
GPS_24_PRE	Correlación de Pearson	-,893	,845	1	,948
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000
	N	20	18	20	18
GPS_ULT_PRE	Correlación de Pearson	-,941	,805	,948	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	
	N	18	18	18	18

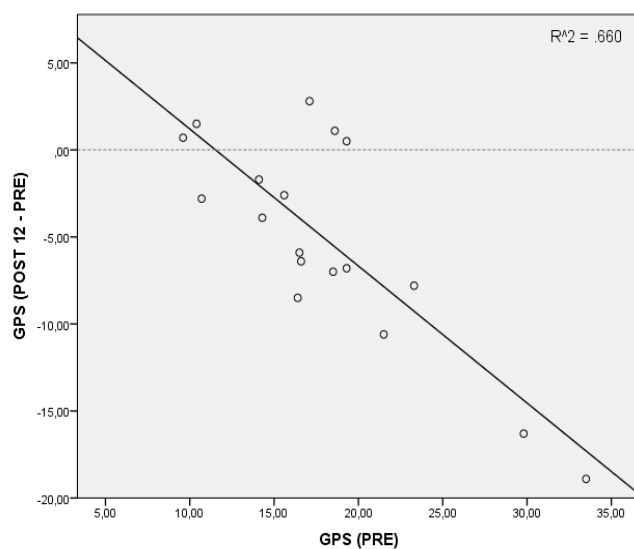


Figura .

Distribución de los resultados del GPS de las extremidades inferiores al año.

Al igual que con el GDI, los mejores resultados se observaron cuanto peor era el GPS preoperatorio. Las mejorías, reflejadas en valores negativos alcanzadas al año, se agruparon mejor en torno a la pendiente lineal que en el caso del GDI.

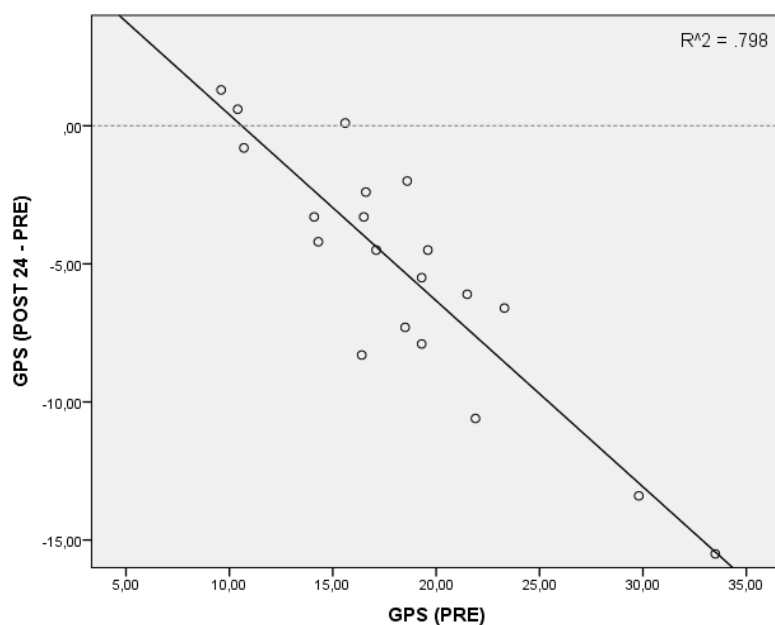


Figura .

Distribución de los resultados del GPS de las extremidades inferiores a los dos años.

La tendencia al agrupamiento en torno a la pendiente fue mayor al año siguiente, mejorando el comportamiento del GDI.

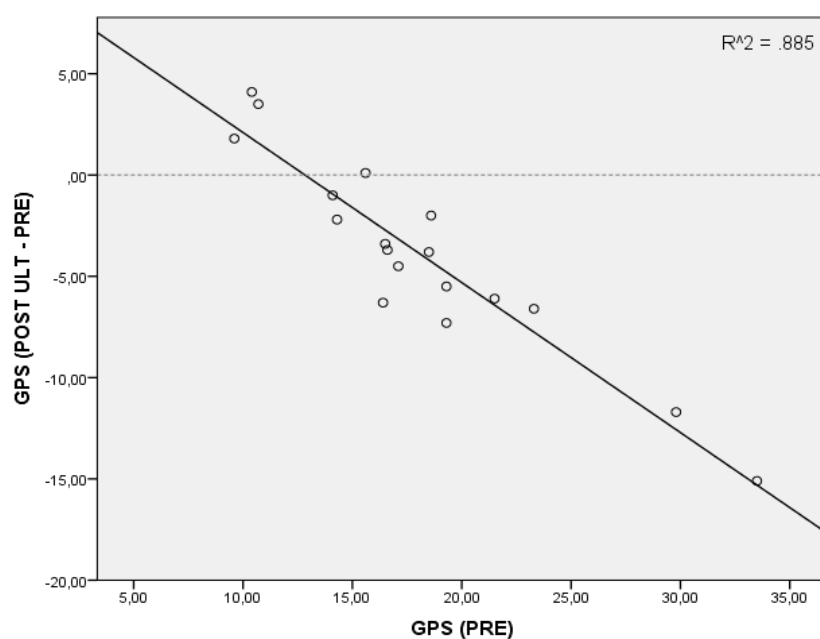


Figura .

Distribución de los resultados del GPS de las extremidades inferiores a los 33 meses.

La mayor aproximación entre los valores hallados del GPS y la menor dispersión de resultados registrados, muestran la superior capacidad de éste índice en la predicción de cambios tras el tratamiento.

10- DISCUSIÓN

10.1. Discusión de los resultados de la Hipótesis 1ª

La cirugía propuesta en la cadera mostró su eficacia de manera estadísticamente significativa en la reducción del flexo fijo de rodilla.

Con los resultados se pone de manifiesto como la deformidad en flexo de rodilla no es sólo dependiente de su cápsula posterior, o de un acortamiento de los isquiosurales.

A pesar del papel del recto anterior como causa de la deformidad en flexión de cadera, no existen estudios acerca del beneficio que el alargamiento intramuscular del recto anterior mediante aponeurotomía, puede suponer en la mejora del flexo de rodilla. La corrección parcial de la inclinación anterior pélvica tras la cirugía, produce una disminución en la tracción ejercida en la rodilla por los isquiosurales, favoreciendo así la extensión en esta última articulación.

El papel beneficioso que en la extensión de cadera aportaba una técnica similar, fue señalada por Matsuo, sin mencionar el efecto que ocasionaba a distancia en la rodilla. Aunque Végavary refiere ausencia de mejoras cinemáticas en ambas articulaciones con este tipo de cirugía, la justificación de la misma aparece con el resultado obtenido tras la exploración física en estático. La variabilidad inter-observador presente en el análisis clínico, se ha mostrado mayor que con el instrumentado, pero ante diferencias importantes disminuye. Al emplear una metodología compartida por dos observadores, el método escogido se muestra adecuado evaluar la diferencia. Al igual que en la toma de decisiones uno de los componentes de la “matriz diagnóstica” es la exploración física, la transcendencia clínica del resultado evaluado con ella, puede justificar su empleo. Disminuir el flexo de rodilla antes de la osteotomía, aporta seguridad y reduce la magnitud de la distorsión anatómica generada tras ella.

La enumeración de los beneficios que esta reducción previa del flexo aporta es:

1º Reducción del riesgo de incongruencia articular.

Cuanto menor sea la inclinación hacia anterior de los cóndilos femorales, menor será la pérdida de la relación que mantiene con la meseta tibial.

La mayor convexidad de la zona posterior de los cóndilos femorales llegan a alterar su relación de congruencia con la anatomía de las superficies articulares tibiales, tal y como señal Horstmann.

2º Menor pérdida de rango de movimiento.

Otro de los inconvenientes de la osteotomía distal de fémur extensora, es la pérdida de parte del rango de flexión. La magnitud de la inclinación anterior de los cóndilos femorales se relaciona directamente con este hecho.

Ya que esta técnica implicaría reseca una cuña de base anterior de entre 10 y 30º, la pérdida de los mismos grados del movimiento de flexión, sería fácilmente asumible por un paciente con una actividad física limitada. Sin embargo, el impacto social puede ser diferente en otras culturas donde estar sentado en el suelo, puede ser una costumbre establecida.

3º Menor riesgo de neuroapraxia y de lesión vascular.

La corrección súbita del flexo se asocia a un mayor compromiso neurovascular.

Cuanto menor sea la magnitud de la corrección, menor incidencia de lesiones indirectas por tracción excesiva en vasos y nervios localizados en la zona posterior de la rodilla.

Poder disminuir esa tracción que podría ejercerse al corregir en una solo tiempo la deformidad, es una de las ventajas de la cirugía previa en los flexores de cadera. La corrección gradual con fijación externa, la capsulotomía con yesos seriados y la corrección con acortamiento femoral, debe contemplarse como técnicas seguras en la corrección del flexo de rodilla mayores de 30º.

4º Disminuir la magnitud de la nueva deformidad creada a nivel metafisario.

Al corregir una deformidad articular alejándose de su vértice, se genera a nivel esquelético otra nueva que permite la alineación del segmento anatómico, sin reconstruir la anatomía de la zona. Esta corrección espúrea en hueso de carga, remodela durante el crecimiento tal y como señalo de Del Bello en la artrogriposis .

En la adolescencia, la deformidad angular de vértice posterior en la zona metafisaria distal del fémur permanece. Cuanto menor sea esta alteración de la anatomía, mejor será la distribución de carga y de tensión mecánica que se transmite en la zona, y por tanto de ser necesaria la retirada de material de osteosíntesis, menos riesgo habrá de que se presenten fracturas.

5º La posibilidad de obviar la necesidad de la osteotomía extensora.

La media de corrección de 12º permite obtener deformidades finales menores de 10º, que no precisan de la cirugía distal de fémur .

El alargamiento de los isquiosurales con la aplicación de yesos inguinopédicos ha sido descrito como tratamiento de elección, en flexos de rodillas por debajo de esa situación.

Evitar las complicaciones de la cirugía ósea y ahorrar el coste de los implantes, son ventajas de haber conseguido deformidades en flexo por debajo de 10º.

Por otra parte hay que señalar que la mejora obtenida después de realizar la tenotomía del psoas a nivel de la pelvis, correspondía al rango de corrección que por la menor rigidez al inicio de la deformidad, tiene mayor predisposición a ser alcanzado. Dicho de otro modo, los 5º de media de extensión de rodilla tras la aponeurotomía del recto anterior, pertenecían al rango una deformidad más estructurada que los 7º conseguidos previamente. De no existir diferencias entre ambos, y en casos de debilidad en los flexores de cadera, se podría valorar la aponeurotomía del recto anterior como técnica de elección para conseguir mejorar la lordosis y preservar la función propulsora del psoas. Al señalar una posible cohorte de pacientes menos beneficiada, el diseño de un estudio comparativo prospectivo que diferenciase en paralelo y no secuenciado a ambas técnicas, requeriría de un consentimiento informado más difícil de conseguir.

Puede argumentarse que la cirugía propuesta, tiene como consecuencias negativas el debilitamiento tanto en la fuerza extensión de rodilla como en la flexión de cadera, además de asociarse lesiones neurovasculares.

Como argumentos en su defensa destacamos por articulaciones que:

1-En la rodilla:

El papel del recto anterior como extensor de la misma se minimiza por dos razones :

1º En la respuesta a la carga, la función de absorción del peso la realizan sobre todo los vastos medial y lateral.

2º Su extensión durante el apoyo unipodal, la realiza normalmente el acoplamiento de los momentos de fuerza entre el tobillo y la rodilla.

2-En la cadera:

1º Con respecto a la pérdida de fuerza flexora:

Mantener la porción iliaca y alargar la unidad músculo-tendón del recto anterior con la aponeurotomía, permite mantener la continuidad de las estructuras que posibilitan la flexión. Ambos flexores de cadera son susceptibles de ser fortalecidos con programas de rehabilitación específicos.

La función del recto anterior como almacenador de energía al final de la fase de apoyo, permanece al respetarse la continuidad de la unidad músculo-tendón.

Para evitar pérdida de deambulación es crítico descartar pacientes con una fuerza flexora mínima de 4 sobre 5 en la escala de Kendall, y un control motor selectivo suficiente para conseguir al menos parcialmente, el movimiento en flexión de cadera de manera aislada.

2º-Con respecto a las lesiones neurovasculares descritas en la literatura.

A pesar de la vecindad tanto del nervio crural, como de la arteria y vena femorales, seguir las recomendaciones referidas previamente, permiten realizar la técnica de manera segura.

9.2. Discusión de los resultados de la Hipótesis 2ª

La osteotomía distal femoral extensora bilateral con el manejo propuesto del flexo de cadera en el contexto de la cirugía multinivel, mostró su eficacia a la luz de los resultados obtenidos.

De manera comparativa, se ofrecen los registros de la serie presentada junto con los datos que han sido publicados en trabajos similares, en la Tabla que se muestra.

Por parámetros escogidos se expone más detalladamente su significación clínica y equiparación con lo recogido en la bibliografía.

9.2.1. La corrección del flexo fijo de rodilla.

La corrección media de 21,25º es solo superada por la corrección conseguida en la serie de Joseph, donde se alcanzó una media 22º.

Sin embargo, en el resultado presente a los 33 meses de seguimiento medio, hay que considerar que fue necesario realizar un gesto quirúrgico adicional en 3 de las 20 rodillas, un 15% del total.

La recidiva de 5º en el flexo de rodilla en el momento de retirar el material de osteosíntesis, puede achacarse a la permanencia de la espasticidad, que de manera asimétrica condicionaba la evolución, o la presencia de una oblicuidad pélvica o de una discrepancia de longitud en miembros inferiores, donde en el lado más largo se tiende a flexionar la rodilla.

El alargamiento del semitendinoso y aspectos pendientes de la corrección del pie plano que, a pesar de su flexibilidad las ortesis o plantillas no eran capaces de corregir, fueron los gestos más comunes.

Ya en la información de la planificación del tratamiento se informó a los padres que, durante la extracción de la placa, existía la posibilidad de realizar cirugía adicional, en función de lo que la evolución del paciente aconsejase. Estos gestos quirúrgicos, se expusieron como parte de una estrategia global de manejo del enfermo con patología neurológica, en periodo de crecimiento. La magnitud del flexo que superaba los 20º que apareció en el caso 4, un paciente GMFCS III que necesitó del alargamiento de los isquiosurales mediales y laterales junto con la capsulotomía posterior en ambas rodillas. El descenso de ambas rótulas se realizó por la presencia de patela alta tras la recidiva de la deformidad, siguiendo el criterio de Morais.

El resultado posterior tras este segundo tiempo quirúrgico motivado por la repetición de la deformidad, fue considerado excelente por los padres.

Sólo en este caso, apareció la clínica de neuroapraxia con disestesias en la planta de ambos pies, que fue disminuyendo de manera progresiva.

Rutz ya advierte de que en el contexto de encontrarnos ante un tratamiento que aborda la consecuencia y no la causa de la enfermedad, no era posible asegurar la ausencia de cirugías debidas a recidivas de deformidad.

9.2.2. La mejoría de la altura corporal.

La importancia que tiene la imagen corporal al llegar la adolescencia, hace que la corrección de la estatura pueda llegar a ser uno de los objetivos más deseados por algunos pacientes y familias.

Uno de los ítems del cuestionario elegido para valorar la satisfacción de las familias tras la cirugía fue el de “caminar más erguido”, reflejando la importancia que este parámetro.

El aumento medio de 15 cm. en un grupo de pacientes con una edad media de 13 años, supera el resultado referido por Rodda, donde la ganancia media de 7 cm. se obtuvo con una edad de media de 14 años. Ni por la edad media post-puberal de los pacientes de la cohorte, ni por el porcentaje de pacientes del sexo femenino presente, donde la madurez esquelética aparece a los 14 años, puede explicarse tanto incremento de altura en un año. Como factor predominante es la mejora en la extensión de rodillas y caderas, la que justifica este hecho^{10 11}.

Tabla comparativa de resultados con series similares.

COMPARACIÓN SERIES	Rodda	Morais	Stout G1- G2-G3	Joseph	Serie presentada
Nº pacientes	10	12	14-26-23	17	10
Edad media	12	13,11 a.	13,8 a.	12,47	13 a.
Seguimiento	5 años. media	28 meses media	1,2 años media	2a.-6a. rango	30,1 meses media
nº intervenciones /cirugía	7	5,2	X (G1/G2/G3 35%desrot F. prox 14% " " " 51% " " ")	X	9,1
Flexo rodilla (º)	17 6	15,9 5,6	19-15-3 5-(-1)- (-1)	22 2	21,5 0,75
Altura Pre/post	+ 7 cm.	X	X	X	+15,59 cm.
GMFCS Pre/post	7 III, 3 II	6 III, 5 II, 1 IV. 8 III, 3 II, 1 IV	6 I, 35 II, 27III, 5 IV No cambios	17 II	6 III,3 II,2 IV 7 III, 3 II, 1IV
FAQ Pre/Post	6-8	X	7,4-7.3-7,9 / 8,1-8,1-7,7	X	4,5/6,5
FMS Pre/Post	4-3-1 5-3-3	X	X	3-1-1 5-3-3	2,7-2,1-1,9 3-2,9-2,6
Cambios Temporo-espaciales	NO	X	X	X	NO
Extensión max. Rodilla apoyo Pre/post (º)	44º / 17º Dif.27º	43,56/22.9 Dif. 20,6º	40-38-27 31-9-10	X	48,5º/23,9º Dif. 24,5º
Rango mov Rodilla Pre/post (º)	X	X	25-25-32 30-47-46	X	18,52º/24,93º Dif. 10,71º
Extensión max. cadera apoyo Pre-post. (º)	17º/14º Dif 3º	15,56º/15,46º	No diferencias Significativas G1/G2/G3	X	20,42º/ 15,65º Dif 4,77º
Inclinación media pelvis pre/post (º)	14º/24º Dif. 10º	12,04º/21,91º Dif. 9,87º	Peor en todos No significativo si osteotomía solo	X	7.19º/9,56º 2,37º
Dorsiflexión max tobillo pre/post (º)	29º/15º Dif. 14º	X	X	X	10,58º/5,05º Dif. 5,53º
Dolor pre/Post (%)	100/0	X	42/57,7/56,5 21/34,6/47,8		60
Disfunción Brazo de palanca distal	50% pacientes	41,7% pacientes	G1/G2/G3 29% tibia-19% pie 48% tibia-50% pie 23% tibia-31% pie	X	100 %
Nº px. intervenidos previamente	8 px	7 px	68 px	3 px	5 px
ÍNDICES	NO	NO	GGI. G1 268-202 G2 240-200 G3 211-217	NO	GDI 63,28/73,99 Dif. 10,71(+2) GPS 18,06º/14,18º Dif. 3,88º

Grupos Stout: G1-osteotomía G2 osteotomía y descenso rótula G3 descenso rótula.

Px-Pacientes. Desrot F prox-Osteotomía desrotatoria femoral proximal. Dif.-Diferencia

9.2.3. La ausencia de cambios temporo-espaciales.

La velocidad, cadencia y longitud de zancada son resultados que no reflejan cambios estadísticamente significativos. Este hecho no es infrecuente dentro de los resultados que ofrecen las series sobre cirugía multinivel ^{11 12}.

La falta de control motor, de equilibrio y la debilidad muscular, pueden justificar el poco rendimiento que en los parámetros temporo-espaciales obtienen los pacientes GMFCS III, mayoritarios en la cohorte, tras la alineación de las extremidades inferiores.

El incremento de la fuerza debe acompañarse de la mejora de estos otros factores como el control selectivo de la secuencia muscular, que condicionado por la espasticidad, no se abordan de manera directa por la cirugía.

La neurorehabilitación robotizada mediante estrategias de re-educación de la marcha desde el sistema nervioso central y desde el periférico, ofrece resultados iniciales en este campo ^{371 372 374}.

9.2.4. La mejoría progresiva en la extensión máxima de rodilla en el periodo de apoyo.

La corrección de la deformidad en flexo de rodilla mediante la osteotomía distal extensora junto con el manejo de la disfunción del brazo de palanca, asientan las bases biomecánicas para la mejora progresiva en la extensión máxima de rodilla durante la fase media del apoyo ^{10 12}.

Desde una extensión máxima preoperatoria de 48,5º, se pasó a los 31º al año y finalmente a los 23,9º a los 33 meses. Los dos cambios fueron estadísticamente significativos.

El aumento medio de extensión conseguido al año de 17,5º, se incrementó un 40% a los 33 meses.

La dependencia de las ortesis de reacción para la deambulaci3n en cuatro pacientes nivel GMFCS III, se encuentra en el contexto de las cirugías previas de debilitamiento de los flexores plantares y en el problema del control motor deficitario. El tratamiento realizado al menos permitió su uso, ya que antes por las alteraciones presentes en el pie, o en el plano transversal de la tibia, las ortesis eran ineficaces. Referencias similares a la dependencia a estas ortesis para caminar, se encuentran en las series de Rodda y Morais ^{10 11}.

El valor medio conseguido al año, encaja todavía en el patr3n de marcha agachada severa de 30º establecido por Rodda, lo que justifica la necesidad de prolongar el uso de ortesis.

En 5 pacientes no se realizó el descenso de rótula al no apreciarse insuficiencia extensora en el cuádriceps o no encontrarse criterios radiol3gicos de patela alta siguiendo los índices de Insall y de Koshino ¹². Nuestra indicaci3n para esta cirugía es la que presentan Presedo y Morais, y difiere de la de Stout ^{10 12}. Para esta última autora, la osteotomía extensora por sí misma, aconseja su realizaci3n.

La posibilidad de producir dolor anterior en rodilla especialmente frecuente durante la rehabilitaci3n inicial, hizo que al igual que Morais, reserváramos el descenso de la patela para los casos con recidiva del flexo en la rodilla, hecho que ocurri3 en el paciente número 4.

En él, a pesar de presentar una patela por encima del surco femoropatelar, la ausencia de insuficiencia extensora hizo que pospusiéramos el descenso de rótulas. Tras la excelente evoluci3n posterior obtenida en la segunda cirugía, nos cuestionamos la idoneidad de la indicaci3n inicial, valorando la posibilidad de descender las rótulas en casos en los que este hallazgo radiográfico estuviese presente.

De manera comparativa con otras series en las que se realizó osteotomía extensora, en la serie de Morais, con un seguimiento medio de 28 meses, el incremento medio de la extensión máxima de rodilla durante la fase de apoyo fue de 21,3º.

Stout presentó en el seguimiento cercano al año de sus cohortes de pacientes, un incremento medio de extensión de 19º en la fase de apoyo, en la serie de pacientes con osteotomía solo,

mientras que aquellos a los que realizó la osteotomía más descenso de rótula, alcanzaron una media de 29°.

En el trabajo de Sossai, el grupo de pacientes con osteotomía extensora de rodilla, obtuvo una ganancia de extensión en la fase de apoyo de 22° tras 26 meses de seguimiento medio, y al igual que en el resto de las series salvo en la de Rodda, el nivel funcional GMFCS II fue mayoritario. Los datos obtenidos en cuanto a extensión aunque positivos, son mejorables por lo que la presencia de patela alta, en la que el polo inferior de esta se encuentra por encima de la línea de Blumensaat, podría ser por si misma una indicación de su descenso.

9.2.5. La mejoría progresiva en rango de movimiento de la rodilla en el ciclo de marcha.

La progresión en el incremento del rango de movimiento de 10,7°, tiene como base la progresión de la mejora de la extensión.

Con respecto al grupo de Stout en el que se hizo osteotomía con descenso de rótula, este valor es solo la mitad¹². La mayor extensión conseguida rodilla, y la transferencia del recto anterior al semitendinoso son factores diferenciales con respecto a la serie presentada, y pueden explicar su mejor resultado.

En la serie de publicación más reciente, Sossai refiere un empeoramiento del rango de movimiento en la rodilla durante el ciclo de marcha, relacionado con la ausencia de las técnicas que se realizan para mejorar el pico de flexión en el periodo oscilante. En su trabajo, ni la transposición distal del recto anterior a los isquiosurales, ni la resección del recto anterior, es mencionada¹².

Ni en el trabajo de Morais, ni en el de Rodda, se escogió en la evaluación de resultados cinemáticos el rango de movimiento de la rodilla durante el ciclo de marcha^{10 11}.

9.2.6. El descenso de la dorsiflexión de tobillo.

El uso de la ortesis de reacción en 4 de los 10 pacientes condicionaba la interpretación de los datos del descenso en la dorsiflexión del tobillo. Existió gracias a ellas, un mejor acoplamiento del par de momentos de fuerza entre la flexión plantar del tobillo y la extensión de rodilla, contribuyendo así a mejorar el enderezamiento en los pacientes¹¹.

La necesidad de uso ulterior de estas ortesis, se recoge también en otras series como las de Morais o Rodda^{10 11}.

Con el antecedente de las cirugías previas en los flexores plantares y su asociación con la falta de competencia del sóleo que para sujetar la tibia en la fase unipodal, la dependencia a las ortesis era esperable.

Para Stout, esta insuficiencia de los flexores de tobillo no tiene una solución quirúrgica válida, por lo que el descenso de rótula puede en estos casos constituir una indicación de la misma¹². La influencia del control motor en el tronco y de la debilidad presente en los músculos antigravitatorios en los pacientes con nivel GMFCS III, hace que otros factores ajenos al acople de momentos de fuerza entre los flexores plantares de tobillo y los extensores de rodilla, no permitan liberar de las ortesis a algunos de estos pacientes.

9.2.7. Extensión de cadera.

Al año de la cirugía, la extensión de la cadera durante el periodo de apoyo mostró una fuerte tendencia a la mejoría. Se pasó de un valor medio de 20,4° de flexión de cadera en la segunda mitad del periodo de apoyo, a otro de 13,6°.

Este incremento de extensión de 6,8°, contrasta con el aumento de sólo 1° referido por Rodda, o la ausencia de cambios en la serie de Morais¹⁰.

Al final del seguimiento los 15,6º de extensión media de cadera, implican solo 4 8º de mejora, lo que hizo que el cambio no alcanzase la significación estadística.

El resultado que se recoge al año, y que se deteriora posteriormente, sugiere que el manejo quirúrgico inicial es adecuado, mientras que el mantenimiento de esta ganancia puede requerir otro abordaje diferente. Promover la preservación de extensión de cadera conseguida, fortaleciendo el glúteo mayor o recomendar cuidados posicionamientos diarios una hora al día en decúbito prono, son algunas de las consideraciones terapéuticas a revisar.

Rodda recoge una mejora moderada en la extensión de cadera, desde el valor medio de 17º iniciales a los 14º a los 5 años y Morais no refiere cambios desde los 15, 5º iniciales ¹¹.

Stout muestra en su artículo, gráficos comparativos del ciclo de marcha antes y después de la cirugía y en sus conclusiones refiere que no hubo cambios significativos al final del seguimiento ¹².

De manera comparativa con respecto a las otras series, la situación pre-operatoria nuestra fue peor y se obtuvo una ganancia mayor, sin que se pueda determinar en este hecho la relevancia del techo potencial de mejora más alto o por la aponeurorotomía del recto anterior.

9.2.8. Inclínación anterior media de la pelvis.

El mantenimiento de la inclinación anterior media de la pelvis constituye una diferencia importante con respecto a las series previamente publicadas ^{11 12 320}. Al año permaneció con diferencias menores a 0,5º de valor medio y cerca de 2 años después, los 2,3º de aumento no resultaron estadísticamente significativos. Es de señalar que en la cohorte de pacientes presentada el valor medio preoperatorio de la inclinación anterior de la pelvis de 7,8º, es menor que en las series similares. La preservación de los isquiosurales laterales y la previa cirugía del psoas de las cirugías realizada en 4 pacientes, reflejan el concepto de priorizar la evitación de la lordosis post-quirúrgica.

Sobre el papel de la cirugía del recto anterior, el número de pacientes a los que se les realizó en esta serie, no es suficiente para determinar su influencia. Los resultados cinemáticos de la cirugía del recto anterior registrados en la distintas series acerca de la corrección de la inclinación anterior de la pelvis, no han sido satisfactorios. Sin embargo dada su reconocida función en la cadera, la ausencia de mejora tras la tenotomía intrapélvica del psoas ha sido sugerida como alternativa adicional en la cirugía del flexo de cadera y la inclinación anterior de la pelvis ¹⁹⁹.

No hay trabajos que presenten los resultados cinemáticos en la pelvis y la cadera con las dos técnicas combinadas.

El mal resultado observado en el paciente 3, empeoró las mejoras observadas en otros sujetos del grupo.

La serie de Rodda en la que existe un aumento de 10º al año y de 24º a los 5 años, es en la que se realiza más los alargamientos en los isquiosurales mediales y laterales, sin que en ninguno de los casos se indicara la osteotomía extensora. Otros autores como Morais refieren un incremento medio de la inclinación anterior de 9º con el seguimiento medio de 28 meses. Sossai otro aumento de 6,5º con un seguimiento de 22 meses.

La transcendencia funcional que puede acarrear el aumento en la inclinación anterior de la pelvis, es señalada por Morais al asociar este hecho con la necesidad de usar muletas tras la cirugía en 2 de sus 12 pacientes ¹¹.

Es de destacar la relación directa entre la mejora de la extensión de la rodilla en la fase de apoyo, con el aumento de la inclinación de la pelvis.

Previamente Stout mostró como se empeoró de manera estadísticamente significativa la inclinación anterior de la pelvis, en los dos grupos de pacientes en los que más se mejoró la extensión de rodilla ¹². Aquellos que fueron tratados mediante osteotomía extensora con descenso de rótula y los intervenidos con descenso de rótula sólo, mostraron peores gráficas cinemáticas en este parámetro. Por el contrario, el que se realizó solo la osteotomía extensora

distal de fémur y que dio como resultado una corrección insuficiente, el empeoramiento de la inclinación anterior de la pelvis fue menor.

Las causas de la inclinación anterior de la pelvis pueden encontrarse en el acortamiento del iliopsoas y del recto anterior, la debilidad en la musculatura glútea y abdominales, a un mal control motor selectivo y por último a una anteversión femoral muy aumentada.

Además del equilibrio inadecuado entre antagonistas en el plano sagital de la pelvis, otros factores condicionan el empeoramiento de la inclinación anterior. Entre ellos se mencionan, la respuesta adaptativa de la zona lumbosacra ante el enderezamiento el aumento de tronco que, con un deficitario control motor, aumenta la lordosis por su mayor laxitud existente.

Por otra parte y siguiendo la hipótesis de De Mattos, el ángulo que forma el fémur con la pelvis en el plano sagital es constante, por lo que el enderezamiento en la rodilla, al llevar el fémur a posterior, existe un aumento de la lordosis lumbosacra³⁰⁶. Siguiendo este criterio, sólo mejorando la extensión de la cadera previamente, con técnicas como la osteotomía extensora y desrotadora de fémur proximal se podrían corregir el aumento de la inclinación anterior de la pelvis. En cualquier caso el abordaje fisioterapéutico habitual, ha de complementarse con técnicas de rehabilitación que fomenten la extensión de este segmento anatómico y valorar el uso de ortesis que mejoren temporalmente la lordosis.

9.3. GDI (Gait Deviation Index) y GPS (Gait Profile Score).

9.3.1. Sobre los resultados en el GDI.

La medición de este índice se realiza sobre los 100 puntos que cuantifican de manera global la marcha normal. La puntuación inicial media de 63,28 puntos y siguiendo la correlación establecida por Molloy, se asocia a un nivel GMFCS III¹⁹⁵.

Tras la mejoría media de 10 puntos del GDI, que se alcanzó al año, ésta se mantuvo constante lo que supone conseguir dos veces el valor mínimo clínicamente significativo descrito por Schwartz¹⁷.

Al año se obtuvieron 74,16 puntos lo que se correlaciona a un nivel GMFCS II siguiendo a los mismos autores. La progresión a 74,46 a los 2 años y la mínima regresión a 73,99 puntos a los 33 meses de seguimiento medio final, implican el mantenimiento del GDI característico de este nivel. El salto más importante del GDI medio se observó al año de la cirugía y el deterioro posterior no alcanza los 5 puntos asociados a cambios clínicos. Resultados similares en los que el salto en el GDI medio más importante se captura habitualmente al año, y las oscilaciones menores del mismo ocurren durante seguimientos a largo plazo, son comunes tal y como refiere Svehlík. Aunque funcionalmente no se refirió ningún cambio en el nivel GMFCS, el valor GDI alcanzado aporta una medición cuantitativa de los cambios que existieron.

Tal y como señala Thomason, a los 2 años de la cirugía es cuando los cambios funcionales se detectan y estos son precedidos por el salto que el GDI consigue al año. Sin embargo, el cambio superior a los 10 puntos que se obtuvo al año, implica subir dos niveles en el cuestionario funcional de la de ambulación FAQ, lo que se asemeja a lo obtenido al final del seguimiento. La posibilidad de que los cambios del GDI encontrados al año, anticipen los cambios funcionales que se consiguieron más tarde, aunque sugerida con nuestros resultados, no ha sido referida en la literatura.

Ni la serie de Roda ni la de Moráis, usaron índices de valoración global de la marcha como herramienta de evaluación^{10 11}. Stout empleó el "Normal Index" o "Gillette Gait Index" en el que dentro de los 16 valores cinemáticos que lo forman, no figura la extensión máxima de rodilla durante la fase de apoyo.

La autora encontró mejoría del mismo en el grupo con osteotomía sin descenso de rótula, en el que la marcha agachada persistía, y empeoramiento en el que se hizo sólo el descenso de rótula, que si la corrigió. Esta discordancia entre el índice Gillette Gait Index y lo observado clínicamente, plantea como discutible la idoneidad de este índice para evaluar los tratamientos de este patrón de marcha.

Thomason en su estudio prospectivo, partiendo de un GDI de 65,2 puntos obtuvo un incremento de 14 puntos este índice a los 5 años, acercándose a alcanzar tres veces el valor clínico mínimamente significativo. En esta serie el porcentaje de pacientes GMFCS III era de un 27% por lo que el límite que puede plantear el déficit de control motor es menor que la serie presentada donde el 70% eran nivel GMFCS III.

La frecuencia de osteotomías bilaterales y el peor estrato funcional de la deambulación de los pacientes, hacen que las mejorías obtenidas de dos veces el valor mínimo del GDI clínicamente significativo, sean comparables a las referidas en estas cohortes de pacientes.

9.3.2. Sobre los resultados en el GPS.

La medición de este índice se realiza en grados, siendo el valor normal de 7º ¹⁷. El deterioro de la marcha se asocia con aumento de 1,6º grados y la mejora con un descenso de la misma magnitud, ya que este es el considerado como valor mínimo clínicamente significativo.

El valor medio inicial pasó desde 18,06º a 12,91º al año, 3,2 veces el valor medio clínicamente significativo, 13,11º a los dos años, 2,6 veces el valor mínimo clínicamente significativo y 14,19º, 2,4 veces el valor mínimo clínicamente significativo, a los 33 meses de seguimiento medio final.

El deterioro de 0,8º entre el año y los tres años no se asocia a un descenso superior de 1,6º, lo que apoyaría el mantenimiento de los logros funcionales.

Thomason analizó los cambios obtenidos en sus pacientes no solo con el índice GDI si no también con el valor GPS tras 5 años de seguimiento de la cirugía multinivel. Partiendo de un valor medio de 14,9º, el descenso medio de 5,29º a los 5 años de seguimiento, supuso 3,3 veces el valor mínimo reconocido con efecto significativo en la clínica.

En el mismo grupo de pacientes, la mejoría media del GDI llegó a los 14 puntos, muy cercana a alcanzar 3 veces el valor de cambio mínimo clínicamente significativo. Es por ello por lo que puede sugerirse una diferente sensibilidad de registrar cambios entre los dos índices. Rutz en su estudio retrospectivo con 5 años de seguimiento medio sobre 107 pacientes con parálisis cerebral infantil y cirugía multinivel, mostró una mejoría al decrecer el valor del GPS desde 15,4º a 11,1º.

Este valor fue 3 veces superior al valor mínimo considerado como cambio significativo.

En la serie más reciente publicada por Sossai, el valor medio inicial GPS de 17,8º es el valor que más se acerca al de la cohorte de pacientes presentada en este trabajo. La gran mejoría detectada en el índice GPS en los pacientes nivel GMFCS II más deteriorados biomecánicamente, llegó a suponer una mejora 4,2 veces el valor mínimo clínicamente significativo. Este hecho se encuentra en el contexto de las conclusiones de Hinden sobre el valor predictivo de este índice.

Aunque el nivel funcional de la población y la severidad de las alteraciones ortopédicas fueran peores en nuestra serie, obtuvimos mejorías significativas y comparables a las obtenidas en los otros trabajos de evaluación de resultados.

La diferencia de 2,76 veces el cambio mínimo significativo, se acerca a las 3 veces alcanzadas en la serie de Thomason, pero alejada de las 4,2 veces de la obtenida por Sossai. En todas las series la participación mayoritaria era de pacientes con nivel funcional GMFCS II.

9.4. Cambios en los valores cinéticos escogidos.

En la cadera y en la rodilla el termino impulso angular refleja el sumatorio de los momentos de fuerza en función del tiempo en el que transcurren y recoge como se alterna el predominio entre antagonistas durante el periodo de apoyo. Constituye una estimación más global y por ello más adecuada, que el parámetro escogido por la serie de Rodda, el valor máximo del momento de fuerza ¹¹. En el caso de la articulación de la rodilla este dato puede aparecer durante la aceptación de la carga y no en la fase media del apoyo.

Se comprobó la absorción de potencia tanto en el cuádriceps durante el apoyo unipodal, como en los flexores de cadera en la segunda mitad del periodo de apoyo. También se demostró que en las graficas de potencia de la cadera, la generación de potencia se asociaba al aumento del impulso angular extensor de la cadera, durante la primera mitad del periodo de apoyo.

En el tobillo se escogió como significativo de los cambios cinéticos el valor máximo del momento de fuerza en la flexión plantar.

Al ocurrir solo al final de la fase apoyo, este valor informa bien de la capacidad de propulsar que esta articulación realiza en el paciente.

Las diferencias encontradas en los parámetros cinéticos escogidos en las 6 extremidades analizadas, no llegaron a alcanzar la significación estadística a pesar de mostrar fuerte tendencia a su normalización.

9.4.1. Cambios en el impulso angular proveniente del momento de fuerza extensor de rodilla.

El gran descenso encontrado en el impulso angular, refleja la menor sollicitación del cuádriceps al final del seguimiento. La gran mejoría existente en el lado derecho, se vio lastrada por la afectación asimétrica de los tres pacientes en los que el lado contrario presentaba peor exploración física y peores datos cinemáticos. Este hecho impidió que no se alcanzara la significación estadística.

Por otra parte, y respetando las indicaciones fijadas previamente, a solo uno de los tres pacientes con nivel GMFCS II, le fue necesario realizar el descenso de rótula de manera bilateral. La posibilidad de haber obtenido mejores resultados, estaría basada tal y como señala Stout, en el mejor ajuste del acople de momentos de fuerza existente entre la extensión de rodilla y la flexión plantar, ya que el descenso de rótula adelantaría el vector de reacción del peso del cuerpo, solicitándose de esta manera menos el cuádriceps ¹².

El pequeño tamaño de la muestra de este estudio cinético no permite sacar conclusiones firmes sobre la obligatoriedad de realizar esta cirugía en la patela.

9.4.2. Cambios en el impulso angular proveniente del momento de fuerza extensor de cadera.

Al principio del periodo de apoyo los extensores de cadera, glúteo mayor e isquiosurales vieron aumentada su actividad con una contracción concéntrica, lo que les permitió aumentar su papel como propulsores ⁴⁶.

La tendencia a aumentar el impulso angular de los extensores, no llegó a alcanzar la significación estadística, debido al escaso tamaño de la muestra.

Los mínimos cambios encontrados en la inclinación de la pelvis, implican que el trabajo muscular realizado es eficaz. El cambio del papel de los isquiosurales que trasladan su actividad desde la flexión de rodilla a la extensión de la cadera, se favorece tras alcanzar la extensión de la rodilla.

9.4.3. Cambios en el impulso angular proveniente del momento de fuerza flexora de cadera.

Durante la segunda mitad del periodo de apoyo, la fuerte tendencia en el incremento del impulso angular flexor, reflejan el adelantamiento en la aparición y en la intensidad del momento flexor, lo que se asocia a la normalización de la postura del tronco y la cadera durante el apoyo.

La absorción de potencia debida la contracción excéntrica de los flexores al final del periodo de apoyo, precede a la función propulsora de los mismos al principio del periodo oscilante.

9.4.4. Valor máximo de momento flexor plantar de tobillo.

Los escasos cambios encontrados al final del periodo de apoyo, recogen la dificultad existente en la ganancia de fuerza muscular, aún a pesar de haber mejorado la longitud del brazo de palanca en el tobillo. Los antecedentes de la cirugía en los flexores plantares y la afectación del control motor, más habitual cuanto más distal sea la musculatura, justifican la debilidad en la propulsión que realizan al final del periodo oscilante el gastrocnemio⁵.

9.5. Cambios Funcionales.

9.5.1 En la escala GMFCS.

A pesar de los hallazgos positivos referidos por las familias y observados en los pacientes, no se apreciaron cambios post-tratamiento en esta escala. Este hecho concuerda con el criterio de Mc Ginley, según el cual la clasificación GMFCS estratifica de manera constante a los pacientes. El carácter prospectivo del estudio permitió describir el nivel funcional real antes de la intervención, eliminándose el sesgo que los estudios retrospectivos pueden acarrear.

La historia natural de la pérdida de destrezas al caminar cerca de la adolescencia, descrita por Hanna, no recoge la regresión entre estadios sino la disminución de la puntuación dentro de la escala GMFM 66, relacionada con la aparición de mayor dependencia.

Debe considerarse un error, considerar como nivel funcional real del paciente el que existe justo antes de la cirugía. La situación basal previa al deterioro, en el que con frecuencia hay agravamiento de las contracturas y dolor femoropatelar, constituye el nivel GMFCS real.

Debido a la estabilidad presente en cada estrato funcional, la información sobre la situación preoperatoria ha de complementarse con otras herramientas de evaluación como la escala FMS y el cuestionario FAQ, que sí recogen bien los cambios post-tratamiento.

Las características de la población intervenida en la que la mitad tenía el antecedente de una cirugía previa y el 70% presentaba un nivel GMFCS III, reflejaban una afectación previa importante y siguiendo a Rutz, con menos posibilidad de efectuar el salto al nivel II, que la que tienen los pacientes con este último nivel al nivel GMFCS I.

En la idea de poder contar con una clasificación funcional que realmente recoja los cambios post-tratamiento, diseñamos un nuevo sistema para diferenciar categorías funcionales de deambulación basándonos en las tres clasificaciones, GMFCS, FAQ y FMS. En él se definen mejor las zonas fronterizas existentes entre los distintos niveles, que es donde más posibilidad hay de variación post-tratamiento. Los pasos para poder validarla han mostrado hasta el momento su utilidad.

9.5.2. Cambios en la escala FMS

La transición más frecuente entre las 6 calificaciones existentes en la distancia de 50 metros, fue la del valor de 1 a 2. Dicho de otro modo el paciente pasó a coger el andador, en distancias domésticas y en el colegio. Esta conclusión es similar a la del trabajo publicado por nuestro grupo en 2014, y se relaciona con el hecho de tener como grupo funcional que de manera predominante solicita la cirugía en nuestro centro, el nivel GMFCS III.

Los cambios estadísticamente significativos de las distancias de 5 y 50 metros implican una mayor autonomía de los pacientes tanto en casa como en el colegio. En la distancia de 50 metros se encontraron las diferencias estadísticamente más significativas, con la transición entre el valor de 1 al 2, expresando el cambio del uso de la silla de ruedas al andador.

El impacto que la cirugía ha tenido para posibilitar la deambulación, en espacios interiores como el colegio, y la fuerte tendencia a que los resultados mejoren la función en distancias de 500 metros, tienen su reflejo en la mejoría que se observó en los niveles FAQ.

El techo de ganancias funcionales en esta longitud está limitado por los déficits de fuerza, control motor y resistencia, presentes en la población mayoritaria de la serie GMFCS III, en la que el nivel funcional FAQ 4, fue el más común.

La transición de andador a muletas en esa distancia, no fue posible en ninguno de los pacientes de esta población.

La comparación con las series similares escogidas, que aparece en la tabla XX., muestra diferencias que pueden explicarse por la mayor dependencia funcional de los pacientes en nuestra cohorte.

Rodda encontró en sus 10 pacientes, cambios a los 5 años en la distancia de 5 metros. En ella se mostraba una tendencia a caminar con bastones al inicio y no los necesitaron al final del seguimiento. En la distancia de 50 metros no hubo cambios significativos al usar bastones de apoyo en mano y persistir con ellos después. Sin embargo, en la distancia de 500 metros sí hubo un aumento notable en la independencia funcional, y de requerirse algún dispositivo de asistencia, el uso de muletas fue el único solicitado.

Morais sin utilizar escalas funcionales, hace referencia a que 2 de los 5 pacientes que eran capaces de caminar sin muletas antes de la cirugía, las necesitaron después. Este descenso en las destrezas para la marcha, las justificó por el aumento existente en la inclinación anterior de la pelvis. El mantenimiento de la inclinación anterior de la pelvis, presente en nuestra serie, permitió obviar el deterioro en la autonomía encontrado en la serie de Moraes.

Das registró en su serie un cambio medio de 2 puntos en la distancia de 50 metros, pasando de utilizar bastones a dejar de hacerlo, en interiores como el colegio.

Stout, Joseph, y Sossai no emplearon esta escala como método de evaluación de resultados .

9.5.3. Cambios en el cuestionario FAQ.

En valor funcional medio inicial en la cohorte presentada fue de 4,4, lo que sitúa al grupo de pacientes estudiado, en la categoría de aquellos que pueden deambular en casa con dificultad.

El significado de haber alcanzado el nivel medio de 6,8 tras la cirugía, tiene una gran transcendencia funcional tanto en los pacientes como en sus familias. En este ascenso funcional permitió la realización de la marcha fuera de la casa en individuos que antes no la realizaban. Gracias este hecho se potencia el aspecto de participación del paciente en actividades fuera de casa, recogido en la clasificación internacional de la función de la discapacidad y la salud (CIF) . Comparado con las otras series de similares características, Rodda partiendo de un nivel medio de 6 en la escala FAQ, refirió en sus 10 pacientes un ascenso medio de 1 nivel al año y de 3 a los 5 años, lo que revela la tendencia progresiva en la adquisición de habilidades funcionales una vez corregidas las alteraciones biomecánicas .

Por otra parte, Stout refirió la progresión de un nivel tanto en los pacientes del grupo a los que se les realizó osteotomía solo como a los se les añadió descenso de rótula, partiendo de valores medios pre-operatorios de en la escala FAQ de siete ¹². El cambio de un solo punto puede venir reflejado por partir de un nivel funcional alto, donde el margen de mejora en cuanto autonomía en la deambulación es menor.

9.6. Valoración de satisfacción tras el tratamiento.

9.6.1. Cambios en ítems funcionales del cuestionario.

Aunque se trate de un cuestionario no validado, nuestra herramienta de evaluación ha sido utilizado previamente para analizar la satisfacción de las familias. Se busca justificar la estimación del resultado de una manera semicuantitativa , con la mejora de cada uno de los principios de la marcha eficaz.

El ítem mejor puntuado, el de menor número de caídas, tiene relación en la mejora en el periodo de apoyo obtenida por las cirugías en el pie y en la rodilla. La base de soporte más estable obtenida en el pie y la extensión conseguida en la rodilla, facilitan el avance de la extremidad contralateral. Durante el periodo oscilante, la mejoría del rango dinámico de rodilla es uno de los factores implicados en la mejor altura del pie con respecto al suelo, lo que se asocia a menos tropiezos o caídas.

La realineación de ambas extremidades inferiores en los tres planos del espacio junto con el adecuado apoyo ortésico facilitó la corrección de la postura, por lo que la apreciación de que el paciente deambulaba más erguido, fue uno de los comentarios más recogidos.

“Salir más a la calle” fue otro de los ítems referidos por las familias lo que nos acerca al objetivo de hacer que los pacientes participen más en actividades en exteriores. Este aspecto, señalado por la Clasificación Internacional de la Función y discapacidad (CIF) como transcendental en la medición de la salud del paciente, hace pensar que el beneficio que aportamos no sea solo en los aspectos de daño corporal y función, tal y como apunta Novak.

Aunque existan factores culturales y familiares implicados en el desarrollo de actividades deportivas adaptadas, facilitar el salir más de casa es un aspecto necesario para realizarlas, y se obtuvo tras la cirugía.

Una de las 10 familias refirió que su hijo caminaba mejor y más erguido, pero algo menos que antes de la cirugía. El paciente a pesar de ello pasó en el nivel FAQ de 5 a otro 6.

La cuestión que plantea este caso refleja el hecho de que la mejora en verticalización del paciente, anula las inercias que la colocación hacia anterior del tronco con la flexión de caderas y rodillas. La falta de fuerza en los flexores de cadera, o del control requerido para iniciar el paso, se da en pacientes con peor situación neurológica.

La colocación del centro de masas en la dirección de la deambulación generada por la flexión de tronco, facilita el desplazamiento hacia delante de una manera inercial, y ante una mayor altura corporal, el manejo adecuado de la espasticidad a nivel global y nuevas técnicas de neuro-rehabilitación, pueden mejorar este hecho .

9.6.2. Valoración de la satisfacción.

El cuestionario rellenado por todas las familias, reflejó que 6 de las 10 encontraron mucha mejoría tras el tratamiento, encontrándose muy satisfechos tras la cirugía, mientras que 4 refirieron bastante mejoría y refiriendo estar bastante satisfechos. Todos ellos recomendarían realizar el mismo enfoque terapéutico a aquellos casos que se encontraran en una situación similar.

A pesar de las recomendaciones realizadas por Golberg, pocos estudios recogen este aspecto de la medición de los tratamientos. Solo los trabajos de Lee y Terjesen evalúan mediante una escala visual analógica (VAS) de 0 a 10, la satisfacción de los padres tras la cirugía multinivel. El primer autor, sobre 279 casos, obtuvo la calificación de 7,9 y relacionó la mayor satisfacción al nivel funcional GMFCS I y a la afectación unilateral. Para evaluarla preguntó sobre resultados funcionales, aspectos cosméticos y sobre impresión general del resultado. Terjesen solo preguntó acerca de la impresión global del resultado a las familias. Con un seguimiento a 5 años en 34 pacientes con afectación bilateral, refiere una puntuación de 7,7 sobre 10 en la satisfacción. Además, el autor mostró correlación positiva entre el resultado del GPS y el grado de satisfacción de la familia, siendo ésta mayor si el paciente era varón.

La adecuación de la evaluación de la satisfacción a la funcional es importante, y debe realizarse desde la lógica del nivel GMFCS analizado. De esta manera pueden evitarse conclusiones controvertidas, como ocurre en el trabajo de Blumetti. En él, los autores no recomiendan la cirugía multinivel en pacientes GMFCS IV, ante la ausencia de cambios e incluso deterioro encontrado en la escala FMS, a pesar de que un 65 % de familias estaban satisfechas tras el tratamiento. En este nivel funcional, son más idóneos los cuestionarios que detecten cambios en la facilidad para realizar transferencias.

Las puntuaciones de satisfacción obtenidas no solo se debieron a la cirugía en sí, sino por la asunción por parte de la familia de metas funcionales realistas y el seguimiento que, de manera constante, facilitó la implicación del paciente en el proceso de rehabilitación.

9.3. Hipótesis 3ª.

Sobre la comparación de la capacidad predictiva de las mejorías en ambos índices.

El estudio de cómo en función del valor inicial se agrupaban los cambios obtenidos en el índice GDI como en el GPS, permitió mostrar una relación lineal que indicaba que cuanto peor era la situación inicial, mayor era la mejoría que había esperar. La capacidad de predicción de los resultados descrita previamente para el valor GPS, se demuestra también para el GDI en la serie presentada al ofrecer sus resultados un comportamiento similar.

En el trabajo presentado al año de tratamiento, se observa una dispersión mayor en los resultados obtenidos en los incrementos post-tratamiento en el GDI, comparándolo con la que ofrece los resultados que aparecen con el índice GPS.

El análisis realizado a los 2 años y a los 33 meses de seguimiento medio final, muestran la tendencia del GDI al agrupamiento, por lo que puede considerarse que su capacidad de predicción es más fiable cuanto más se aleja de la cirugía el momento de la evaluación.

El índice GPS presenta desde el inicio una mayor aproximación entre los valores que reflejan los cambios observados post-tratamiento relacionados con el valor inicial. Sus registros desde el año de seguimiento hasta el final del mismo, mantuvieron una menor dispersión lineal que los que ofreció el GDI. La mayor correlación obtenida con el GPS en la predicción de resultados con el test de Pearson, demuestra su mayor fiabilidad, como predictor de cambios cinemáticos.

Aunque existen hojas de cálculo que permiten la conversión del GPS a GDI, su similitud hace que se tienda a utilizar solo uno de ellos, tal y como defienden Schwartz y Baker^{16 17}.

No existen estudios comparativos que establezcan diferencias en cuanto la capacidad de predicción entre los dos índices, por lo que después de los datos obtenidos, se refuerza el valor del GPS para predecir desde el primer análisis cinemático, la magnitud del cambio post-quirúrgico.

El GDI ofrece algunas ventajas facilitadas por el hecho de que la normalidad se evalúa con una puntuación de 100, lo que facilita la interpretación del estado y cambios post-tratamiento del paciente. Además, resulta más intuitivo y fácil relacionar este índice con el nivel GMFCS.

El carácter prospectivo del estudio, realizado en una cohorte de pacientes con patrón de marcha similar y con una misma línea de tratamiento, añade validez a la diferencia encontrada entre los dos índices.

Aunque los valores iniciales puedan constituir una referencia de la mejoría que posteriormente se puede conseguir, hay que tener en cuenta que el límite de esta propiedad del índice por dos razones. Los problemas que un mal control motor o una debilidad importante puedan existir en el paciente, constituyen un techo para acercarse a la normalidad muy difícil de salvar. En su trabajo, se revisó retrospectivamente los estudios cinemáticos de 716 pacientes, dividiéndolos si la alteración que presentaban era ortopédica, neurológica y la afectación en uno o los dos lados. Su conclusión, permite acotar de manera realista las expectativas de los resultados.

En este sentido los estudios existentes sobre la cuantificación del control motor dinámico desarrollados por Schwartz, presenta como ventaja el ofrecer gracias a la E.M.G. la posibilidad de predecir que pacientes no van a tener un buen resultado, independientemente del tratamiento que se elija.

En nuestro trabajo y acerca de los resultados basados en el GDI, los cerca de 25 puntos de media que faltan para alcanzar la normalidad, recuerdan la importancia que aspectos ajenos a la realineación osteoarticular conseguida con la cirugía multinivel, tienen para una deambulación completamente normal.

10- CONCLUSIONES:

1ª La tenotomía del psoas intrapélvico y la aponeurotomía proximal del recto anterior, extiende de manera estadísticamente significativa la rodilla con deformidad fija en flexión, en pacientes con parálisis cerebral infantil espástica.

2ª En los pacientes deambulantes tratados con afectación bilateral espástica y marcha agachada rígida, la estrategia propuesta para la cirugía multinivel con osteotomía extensora femoral distal bilateral y manejo previo de las contracturas en flexores de cadera, fue eficaz siguiendo criterios cinemáticos, funcionales y de satisfacción de las familias.

3ª La rodilla es la articulación donde se registran los cambios más significativos durante el ciclo de marcha, tanto en la extensión máxima durante el periodo de apoyo como en su rango de movimiento.

4ª A diferencia del resto de las series de pacientes de características y tratamientos similares, la inclinación anterior media de la pelvis se mantuvo sin cambios significativos.

5ª En el estudio de los resultados obtenidos con los índices de valoración global de la marcha:

5.1. El Gait Deviation Index registró un ascenso desde el año de seguimiento y hasta el final del mismo, que implicaba 2 veces un cambio clínicamente significativo.

5.2. El Gait Profile Score mostró un ascenso por encima del doble del valor mínimo clínicamente significativo desde el año, manteniéndose hasta el final del mismo.

5.3. El Gait Deviation Index presenta una fiabilidad en la predicción de resultados, menor al año de seguimiento que a los dos años y al final del mismo.

5.4. El Gait Profile Score, muestra al año de seguimiento una mejor capacidad de predicción de los cambios que se van a obtener tras la cirugía multinivel, que el Gait Deviation Index. Esta capacidad de predicción se iguala entre ambos a los 2 años de seguimiento.

6ª Funcionalmente tras cerca de 3 años de seguimiento, dentro de la escala FMS se alcanzaron mejoras funcionales de manera estadísticamente significativa en las distancias de 5 y 50 metros en la deambulación, disminuyendo el uso de la silla de ruedas en ambas distancias.

7ª En el cuestionario FAQ la mejora de la autonomía del paciente 4,4 el ascenso a 6,8 puntos, refleja el aumento de la deambulación en exteriores conseguido tras el tratamiento.

8ª A pesar de la exigencia del tratamiento en este subtipo de patrón de marcha agachada, la estrategia quirúrgica escogida mostró su eficacia en la evaluación de la satisfacción de las familias.

BIBLIOGRAFÍA

1. SUTHERLAND DH, COOPER L. THE PATHOMECHANICS OF PROGRESSIVE CROUCH GAIT IN SPASTIC DIPLEGIA. *ORTHOP CLIN NORTH AM.* 1978 JAN;9(1):143-54.
2. BELL KJ, OUNPUU S, DELUCA PA, ROMNESS MJ. NATURAL PROGRESSION OF GAIT IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. *J PEDIATR ORTHOP.* 22(5):677-82.
3. JOHNSON DC, DAMIANO DL, ABEL MF. THE EVOLUTION OF GAIT IN CHILDHOOD AND ADOLESCENT CEREBRAL PALSY. *J PEDIATR ORTHOP.* 17(3):392-6.
4. RODDA JM, GRAHAM HK, CARSON L, GALEA MP, WOLFE R. SAGITTAL GAIT PATTERNS IN SPASTIC DIPLEGIA. *J BONE JOINT SURG BR.* 2004 MAR;86(2):251-8.
5. ROZUMALSKI A, SCHWARTZ MH. CROUCH GAIT PATTERNS DEFINED USING K-MEANS CLUSTER ANALYSIS ARE RELATED TO UNDERLYING CLINICAL PATHOLOGY. *GAIT POSTURE.* 2009 AUG;30(2):155-60.
6. DELP SL, ARNOLD AS, SPEERS RA, MOORE CA. HAMSTRINGS AND PSOAS LENGTHS DURING NORMAL AND CROUCH GAIT: IMPLICATIONS FOR MUSCLE-TENDON SURGERY. *J ORTHOP RES.* 1996 JAN;14(1):144-51.
7. HOFFINGER SA, RAB G, ABOU-GHAIDA H. HAMSTRINGS IN CEREBRAL PALSY. *J PEDIATR ORTHOP* 1993 NOV-DEC; 13 (6):722-6
8. ARNOLD AS, ANDERSON FC, PANDY MG, DELP SL. MUSCULAR CONTRIBUTIONS TO HIP AND KNEE EXTENSION DURING THE SINGLE LIMB STANCE PHASE OF NORMAL GAIT: A FRAMEWORK FOR INVESTIGATING THE CAUSES OF CROUCH GAIT. *J BIOMECH.* 2005 NOV;38(11):2181-9
9. MILLER F. GAIT. EN "CEREBRAL PALSY" CAPÍTULO 7. 251-386
10. MORAIS FILHO MC, NEVES DL, ABREU FP, JULIANO Y, GUIMARÃES L. TREATMENT OF FIXED KNEE FLEXION DEFORMITY AND CROUCH GAIT USING DISTAL FEMUR EXTENSION OSTEOTOMY IN CEREBRAL PALSY. *J CHILD ORTHOP. BRITISH EDITORIAL SOCIETY OF BONE AND JOINT SURGERY;* 2008 FEB;2(1):37-43
11. RODDA JM, GRAHAM HK, NATTRASS GR, GALEA MP, BAKER R, WOLFE R. CORRECTION OF SEVERE CROUCH GAIT IN PATIENTS WITH SPASTIC DIPLEGIA WITH USE OF MULTILEVEL ORTHOPAEDIC SURGERY. *J BONE JOINT SURG AM.* 2006 DEC;88(12):2653-64
12. STOUT JL, GAGE JR, SCHWARTZ MH, NOVACHEK TF. DISTAL FEMORAL EXTENSION OSTEOTOMY AND PATELLAR TENDON ADVANCEMENT TO TREAT PERSISTENT CROUCH GAIT IN CEREBRAL PALSY. *J BONE JOINT SURG AM.* 2008 NOV; 90(11):2470-84.
13. GOLDBERG MJ. MEASURING OUTCOMES IN CEREBRAL PALSY. *J PEDIATR ORTHOP.* 1991;11(5):682-
14. SUTHERLAND DAVIDS COMMON GAIT ABNORMALITIES OF THE KNEE IN CEREBRAL PALSY. *CLIN ORTHOP RELAT RES.* 1993 MAR;(288):139-47
15. LIN CJ, GUO LY, SU FC, CHOU YL, CHERNG RJ. COMMON ABNORMAL KINETIC PATTERNS OF THE KNEE IN GAIT IN SPASTIC DIPLEGIA OF CEREBRAL PALSY. *GAIT POSTURE.* 2000 JUN; 11(3):224-32.
16. SCHWARTZ MH, ROZUMALSKI A. THE GAIT DEVIATION INDEX: A NEW COMPREHENSIVE INDEX OF GAIT PATHOLOGY. *GAIT POSTURE.* 2008 OCT;28(3):351-7.
17. BAKER R, MCGINLEY JL, SCHWARTZ MH, BEYNON S, ROZUMALSKI A, GRAHAM HK, TIROSH O. THE GAIT PROFILE SCORE AND MOVEMENT ANALYSIS PROFILE. *GAIT POSTURE.* 2009 OCT; 30(3):265-9.
18. HINDEN I, J. STEBBINS, N. THOMPSON, T. THEOLOGIS. OUTCOME PREDICTORS FOR MULTILEVEL SURGERY IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY/SPASTIC DIPLEGIA. *GAIT POSTURE.* 2014 VOL 39 SUPLEM 1 PAG S52-53
19. BAX M, GOLDSTEIN M, ROSENBAUM P, LEVITON A, PANETH N, DAN B, ET AL. PROPOSED DEFINITION AND CLASSIFICATION OF CEREBRAL PALSY, APRIL 2005. *DEV MED CHILD NEUROL.* 2005 AUG;47(8):571-6.
20. ROSENBAUM P, PANETH N, LEVITON A, GOLDSTEIN M, BAX M, DAMIANO D, ET AL. A REPORT: THE DEFINITION AND CLASSIFICATION OF CEREBRAL PALSY APRIL 2006. *DEV MED CHILD NEUROL SUPPL.* 2007 FEB;109:8-14.
21. ROBAINA-CASSIFICATION OF CEREBRAL PALSY: A PROBLEM THAT HAS ALREADY BEEN SOLVED?]. *REV NEUROTOLLANOS GR, RIESGO-RODRIGUEZ S, ROBAINA-CASTELLANOS MS.* [DEFINITION AND CLASL. 45(2):110-7.
22. L. DE SENA DE CABO, P. DOMÉNECH FERNÁNDEZ. DEFINICIÓN, ETIOLOGÍA, FISIOPATOLOGÍA Y EPIDEMIOLOGÍA. EN "PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL: MANEJO DE LAS ALTERACIONES MÚSCULO-ESQUELÉTICAS ASOCIADAS" ED. ERGÓN 2.016 CAPÍTULO 1. PAG. 1-5.
23. BLAIR E. EPIDEMIOLOGY OF THE CEREBRAL PALSIES. *ORTHOP CLIN NORTH AM.* 2010 OCT;41(4):441-55.
24. KRÄGELOH-MANN I, CANS C. CEREBRAL PALSY UPDATE. *BRAIN DEV.* 2009 AUG;31(7):537-44.
25. BACHE C, SELBER P, GRAHAM H K. THE MANAGEMENT OF SPASTIC DIPLEGIA. *CURRENT ORTHOP.* 2003; 17: 88-104.
26. THE DEFINITION AND CLASSIFICATION OF CEREBRAL PALSY 2007 EUROPEAN SURVEILLANCE
27. GAINSBOROUGH, M., SURMAN, G., MAESTRI, G., COLVER, A. & CANS, C. VALIDITY AND RELIABILITY OF THE GUIDELINES OF THE SURVEILLANCE OF CEREBRAL PALSY IN EUROPE FOR THE CLASSIFICATION OF CEREBRAL PALSY. *DEV. MED. CHILD NEUROL.* 50, 828-831 (2008).
28. VIOSCA HERRERO E, ALBERO SARRIÓ A, PUCHOL CASTILLO E, MASCARELL GREGORI A. CLASIFICACIONES, ESCALAS FUNCIONALES Y MEDICIÓN DE RESULTADOS EN PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL. EN "PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL: MANEJO DE LAS ALTERACIONES MÚSCULO-ESQUELÉTICAS ASOCIADAS" ED. ERGÓN 2.016 CAPÍTULO 2. PAG. 5-14.

29. PALISANO R, ROSENBAUM P, WALTER S, RUSSELL D, WOOD E, GALUPPI B. DEVELOPMENT AND RELIABILITY OF A SYSTEM TO CLASSIFY GROSS MOTOR FUNCTION IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. *DEV MED CHILD NEUROL*. 1997; 39: 214-23.
30. MOLENAERS G, DESLOOVERE K, FABRY G, DE COCK P. THE EFFECTS OF QUANTITATIVE GAIT ASSESSMENT AND BOTULINUM TOXIN A ON MUSCULOSKELETAL SURGERY IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. *J BONE JOINT SURG*. 2006; 88-A: 161-70.
31. HEINEN F, KAAAT DESLOOVERE K, SCHROEDER AS, BERWECK S, BORGGRAEFE I, VAN CAMPENHOUT A, ET AL. THE UPDATED EUROPEAN CONSENSUS 2009 ON THE USE OF BOTULINUM TOXIN FOR CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. *EUR J NEUROL*. 2010; 14: 45-66.
32. GAGE JR, NOVACHEK TF. AN UPDATE ON THE TREATMENT OF GAIT PROBLEMS IN CEREBRAL PALSY. *J PEDIATR ORTHOP B*. 2001 OCT;10(4):265-74.
33. GRAHAM, H. K. & SELBER, P. MUSCULOSKELETAL ASPECTS OF CEREBRAL PALSY. *J. BONE JOINT SURG. BR*. 85, 157-166 (2003).
34. GRAHAM K, THOMASON P, NOVACHEK T. CEREBRAL PALSY. EN: WEINSTEIN SL, FLYNN JM, EDS. LOVELL & WINTER'S, PEDIATRIC ORTHOPAEDICS, 7A ED. WOLTERS KLUWER; 2014. P. 484-554.
35. TARDIEU C, J C TABARY, E H DE LA TOUR, C TABARY, AND G TARDIEU. PMC1234655. THE RELATIONSHIP BETWEEN SARCOMERE LENGTH IN THE SOLEUS AND TIBIALIS ANTERIOR AND THE ARTICULAR ANGLE OF THE TIBIA-CALCANEUM IN CATS DURING GROWTH. *J ANAT*. 1977 DEC; 124(Pt 3): 581-588.
36. SHORTLAND AP1, HARRIS CA, GOUGH M, ROBINSON RO. ARCHITECTURE OF THE MEDIAL GASTROCNEMIUS IN CHILDREN WITH SPASTIC DIPLEGIA. *DEV MED CHILD NEUROL*. 2002 MAR; 44(3):158-63.
37. WREN TA1, CHEATWOOD AP, RETHLEFSEN SA, HARA R, PEREZ FJ, KAY RM. ACHILLES TENDON LENGTH AND MEDIAL GASTROCNEMIUS ARCHITECTURE IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY AND EQUINUS GAIT. *PEDIATR ORTHOP*. 2010 JUL-AUG; 30(5):479-84.
38. ZIV I, BLACKBURN N. MUSCLE GROWTH IN NORMAL AND SPASTIC MICE FEB 1984 *DEV MED CHILD*
39. LIEBER, R. L., LOREN, G. J., FRIDÉN, J. IN VIVO MEASUREMENT OF HUMAN WRIST EXTENSOR MUSCLE SARCOMERE LENGTH CHANGES. *J. NEUROPHYSIOL*. 71, 874-881 (1994).
40. LIEBER, R. L., RUNESSON, E., EINARSSON, F. & FRIDÉN, J. INFERIOR MECHANICAL PROPERTIES OF SPASTIC MUSCLE BUNDLES DUE TO HYPERTROPHIC BUT COMPROMISED EXTRACELLULAR MATRIX MATERIAL. *MUSCLE NERVE* 28, 464-471 (2003).
41. GAGE PATHOLOGICAL GAIT AND LEVER ARM DYSFUNCTION. EN GAGE ED THE TREATMENT OF GAIT PROBLEMS IN CEREBRAL PALSY LONDON MC KEITH PRESS P180-204
42. STOKES IA, MECHANICAL EFFECTS ON SKELETAL GROWTH. *MUSCULOSKELET NEURONAL INTERACT*. 2002 MAR;2(3):277-80
43. WHITTLE M, LEVINE D, RICHARDS J. BASIC SCIENCES. CAPÍTULO 1. EN WHITTLE, S GAIT ANALYSIS 5TH ED. 2012 PAG 26-27.
44. GAGE JR, SCHWARTZ MH. CONSEQUENCES OF BRAIN INJURY ON MUSCULOSKELETAL DEVELOPMENT. CAPÍTULO 2.4. EN "THE IDENTIFICATION AND TREATMENT OF GAIT PROBLEMS IN CEREBRAL PALSY" 2ND ED. 2009 MC KEITH PRESS. PAG 108
45. SCHWARTZ MH. KINEMATICS OF NORMAL GAIT. EN "THE TREATMENT OF GAIT PROBLEMS IN CEREBRAL PALSY. E. MC KEITH PRESS. 2004. CAPÍTULO 7.
46. WHITTLE M, LEVINE RICHARDS, J. NORMAL GAIT. EN "WHITTLE'S GAIT ANALYSIS". ED. CHURCHILL-LIVINGSTONE ELSEVIER. 2012. CAPÍTULO 2. PAG 29-63.
47. GAGE JR. NORMAL GAIT. EN "GAIT ANALYSIS IN CEREBRAL PALSY". CAPÍTULO 4. PAG.67. 1991 MCKEITH UNIVERSITY PRESS.
48. THEOLOGIS T. LEVER ARM DYSFUNCTION IN CEREBRAL PALSY GAIT. *J CHILD ORTHOP* (2013) 7:379-382.
49. HICKS J, ARNOLD A, ANDERSON F, SCHWARTZ M, DELP S. THE EFFECT OF EXCESSIVE TIBIAL TORSION ON THE CAPACITY OF MUSCLES TO EXTEND THE HIP AND KNEE DURING SINGLE-LIMB STANCE. *GAIT POSTURE*. 2007 OCT; 26(4):546-52.
50. OWEN E. THE IMPORTANCE OF BEING EARNEST ABOUT SHANK AND THIGH KINEMATICS ESPECIALLY WHEN USING ANKLE-FOOT ORTHOSES. *PROSTHET ORTHOT INT*. 2010 SEP;34(3):254-69.
51. GAGE JR SCHWARTZ MH. NORMAL GAIT. EN "THE IDENTIFICATION AND TREATMENT OF GAIT PROBLEMS IN CEREBRAL PALSY 2ND ED. 2009 MC KEITH PRESS CAPÍTULO 1.3. PAG. 57-61.
52. HARKEMA SJ. PLASTICITY OF INTERNEURONAL NETWORKS OF THE FUNCTIONALLY ISOLATED HUMAN SPINAL CORD. *BRAIN RESEARCH REVIEWS* 2008;57(1):2
53. PETERSEN TH, WILLERSLEV-OLSEN M, CONWAY BA, NIELSEN JB. THE MOTOR CORTEX DRIVES THE MUSCLES DURING WALKING IN HUMAN SUBJECTS. *JOURNAL OF PHYSIOLOGY* 2012; 590(10):2443-52.
54. GAGE JR, SCHWARTZ MH. NORMAL GAIT. EN "THE TREATMENT OF GAIT PROBLEMS IN CEREBRAL PALSY", 2ND ED. LONDON: MC KEITH PRESS; 2004. CAPÍTULO 1.3. PAG. 31- 38
55. PEACOCK WJ: THE NEURAL CONTROL OF MOVEMENT. "THE IDENTIFICATION AND TREATMENT OF GAIT PROBLEMS IN CEREBRAL PALSY 2ND ED. 2009 MC KEITH PRESS CAPÍTULO 1.1 C. PAG 7-10
56. CHAMBERS HG, ROSE J. DYNAMIC ELECTROMYOGRAPHY. EN "THE TREATMENT OF GAIT PROBLEMS IN CEREBRAL PALSY", 2 ED. MC KEITH PRESS; 2004. CAPÍTULO 9. PAG. 134-145
57. TORRICELLI D, PAJARO M, LERMA S, MARQUEZ E, MARTINEZ I, BARROSO F, ET AL. MODULAR CONTROL OF CROUCH GAIT IN SPASTIC CEREBRAL PALSY. IN: IFMBE PROCEEDINGS 41. 2014. P. 1718-21.
58. ÖUNPUU S. USING DYNAMIC MOTOR CONTROL TO UNDERSTAND TREATMENT OUTCOMES. *DEV MED CHILD NEUROL*. 2016 NOV;58(11):1101-2
59. SCHWARTZ MH, ROZUMALSKI A, STEELE KM. DYNAMIC MOTOR CONTROL IS ASSOCIATED WITH TREATMENT OUTCOMES FOR CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. *DEV MED CHILD NEUROL*. 2016 NOV;58(11):1139-1145
60. GAGE JR. A QUALITATIVE DESCRIPTION OF NORMAL GAIT. EN "THE TREATMENT OF GAIT PROBLEMS IN CEREBRAL PALSY". CAPÍTULO 4. 2004. PÁGINA 43. ED. MCKEITH UNIVERSITY PRESS
61. WATERS ENERGY EXPENDITURE. CAPT 24 EN "GAIT ANALYSIS. NORMAL AND PATHOLOGICAL FUNCTION" 2ND ED. PERRY J SLACK 2012. PAG 483-484.

62. DAVIS ROUNPUU S, KINETICS OF NORMAL GAIT. EN" THE TREATMENT OF GAIT PROBLEMS IN CEREBRAL PALSY".ED. MC KEITH PRESS. 2004;CAPITULO 8
63. PERRY J. ANKLE AND FOOT GAIT DEVIATIONS. EN"GAIT ANALYSIS. NORMAL AND PATHOLOGICAL FUNCTION" 2ND ED. SLACK INCORPORATED. 2010 CAPITULO 11. PAG. 177-212.
64. GAGE JR. GAIT ANALYSIS: AN ESSENTIAL TOOL IN THE TREATMENT OF CEREBRAL PALSYGAIT AN ESENCIAL TOOL FOR CLINICAL DECISIONS. CLIN ORTHOP RES. 1993. 288:126-134.
65. CHANG FM, RHODES JT, FLYNN KM, CAROLLO JJ. THE ROLE OF GAIT ANALYSIS IN TREATING GAIT ABNORMALITIES IN CEREBRAL PALSY. ORTHOP CLIN NORTH AM. 2010 OCT;41(4):489-506.
66. GAGE AND ESENTIAL TOOL IN THE TREATMENT OF CEREBRAL PALSY. CLIN ORTHOP REL RES 1993 MAR;(288):126-34.
67. LERMA LARA S, MORAL SAIZ B, RAMÍREZ BARRAGÁN A, MARTÍNEZ CABALLERO I. ANÁLISIS DE LA MARCHA EN PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL. EN "PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL: MANEJO DE LAS ALTERACIONES MÚSCULO-ESQUELÉTICAS ASOCIADAS" ED. ERGÓN 2.016 CAPÍTULO 10. PAG 121-137
68. ADOLFSEN SE OUNPUU S, BELL KJ, DE LUCA PA.KINEMATIC AND KINETIC OUTCOMES AFTER IDENTICAL MULTILEVEL SOFT TISSUE SUERGY IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. JPEDIATR ORTHOP.2007 SEP;27(6):658-67
69. TERVO RC, AZUMA S, STOUT J, NOVACHEK T. CORRELATION BETWEEN PHYSICAL FUNCTIONING AND GAIT MEASURES IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. DEV MED CHILD NEUROL. 2002 MAR;44(3):185-90.
70. TROST J. PHYSICAL ASSESSMENT AND OBSERVATIONAL GAIT ANALY- SIS. IN: GAGE JR, EDITOR. THE TREATMENT OF GAIT PROBLEMS IN CEREBRAL PALSY. LONDON: MAC KEITH PRESS; 2004. P. 71-89
71. KAWAMURA CM, DE MORAIS FILHO MC, BARRETO MM, DE PAULA ASA SK, JULIANO Y, NOVO NF. COMPARISON BETWEEN VISUAL AND THREE-DIMENSIONAL GAIT ANALYSIS IN PATIENTS WITH SPASTIC DIPLEGIC CEREBRAL PALSY. GAIT POSTURE. 2007 JAN;25(1):18-24.
72. SALEH M, MURDOCH G. IN DEFENCE OF GAIT ANALYSIS. OBSERVATION AND MEASURE- MENT IN GAIT ASSESSMENT. J BONE JOINT SURG BR 1985;67:237-41.
73. MAATHUIS KGB, VAN DER SCHANS CP, VAN IPEREN A, RIETMAN HS, GEERTZEN JHB. GAIT IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: OBSERVER RELIABILITY OF PHYSICIAN RATING SCALE AND EDINBURGH VISUAL GAIT ANALYSIS INTERVAL TESTING SCALE. J PEDIATR ORTHOP. 25(3):268-72.
74. MACKEY, A.H., LOBB, G.L., WALT, S.E., STOTT, N.S., 2003. RELIABILITY AND VALIDITY OF THE OBSERVATIONAL GAIT SCALE IN CHILDREN WITH SPASTIC DIPLEGIA. DEV MED CHILD NEUROL 45, 4-11.
75. MCMULKIN ML, GULLIFORD JJ, WILLIAMSON R V, FERGUSON RL. CORRELATION OF STATIC TO DYNAMIC MEASURES OF LOWER EXTREMITY RANGE OF MOTION IN CEREBRAL PALSY AND CONTROL POPULATIONS. J PEDIATR ORTHOP. 20(3):366-9.
76. NOONAN KJ, HALLIDAY S, BROWNE R, O'BRIEN S, KAYES K, FEINBERG J. INTEROBSERVER VARIABILITY OF GAIT ANALYSIS IN PATIENTS WITH CEREBRAL PALSY. J PEDIATR ORTHOP. 23(3):279-87-91.
77. DAVIDS JR J PEDIATR ORTHOP. 2006 JUL-AUG;26(4):557-9. QUANTITATIVE GAIT ANALYSIS IN THE TREATMENT OF CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY.
78. GORTON G, HEBERT D, GOODE B. ASSESSMENT OF THE KINEMATIC VARIABILITY BETWEEN 12 SHRINERS MOTION ANALYSIS LABORATORIES. GAIT POST 2001; 13:247
79. WREN TAL, GORTON GE, OUNPUU S, TUCKER CA. EFFICACY OF CLINICAL GAIT ANALYSIS: A SYSTEMATIC REVIEW. GAIT POSTURE. 2011 JUN;34(2):149-53.
80. FRYBACK DG, THORNBURY JR. THE EFFICACY OF DIAGNOSTIC IMAGING. MED DECIS MAKING 1991;11:88-94.[5]
81. THORNBURY JR, FRYBACK DG. TECHNOLOGY ASSESSMENT—AN AMERICAN VIEW. EUR. RADIOL 1992; 14:147-56.
82. CARPENTER C, BASS A. THE VALUE OF GAIT ANALYSIS IN DECISION MAKING ABOUT SURGICAL TREATMENT IN CEREBRAL PALSY. EN "PEDIATRIC ORTHOPEDICS. AN EVIDENCE-BASED APPROACH TO CLINICAL QUESTIONS" ED. SPINGER. 2017. CAPITULO 38. 361-368.
83. KAY RM, DENNIS S, RETHLEFSEN S, REYNOLDS RA, SKAGGS DL, TOLO VT. THE EFFECT OF PREOPERATIVE GAIT ANALYSIS ON ORTHOPAEDIC DECISION MAKING. CLIN ORTHOP RELAT RES 2000;217-22
84. DELUCA PA, DAVIS 3RD RB, OUNPUU S, ROSE S, SIRKIN R. ALTERATIONS IN SURGICAL DECISION MAKING IN PATIENTS WITH CEREBRAL PALSY BASED ON THREE-DIMENSIONAL GAIT ANALYSIS. J PEDIATR ORTHOP 1997;17:608-14.[10]
85. WREN TAL, KALISVAART MM, GHATAN CE, RETHLEFSEN SA, HARA R, SHENG M, CHAN LS, KAY RM. EFFECTS OF PREOPERATIVE GAIT ANALYSIS ON COSTS AND AMOUNT OF SURGERY. J PEDIATR ORTHOP 2009; 29:558-63.
86. COOK RE, SCHNEIDER I, HAZLEWOOD ME, HILLMAN SJ, ROBB JE. GAIT ANALYSIS ALTERS DECISION-MAKING IN CEREBRAL PALSY. J PEDIATR ORTHOP 2003;23:292-5.[9]
87. FULLERDA, KEENANMA, ESQUENAZIA, WHYTEJ, MAYERNH, FIDLER-SHEPPARDR.THEIMPACT OF INSTRUMENTED GAIT ANALYSIS ON SURGICAL PLANNING: TREATMENT OF SPASTIC EQUINOVARUS DEFORMITY OF THE FOOT AND ANKLE. FOOT ANKLE INT 2002; 23:738-43.
88. LOFTEROD B, TERJESSEN T, SKAARET I, HUSE AB, JAHNSEN R. PREOPERATIVE GAIT ANALYSIS HAS A SUBSTANTIAL EFFECT ON ORTHOPEDIC DECISION MAKING IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: COMPARISON BETWEEN CLINICAL EVALUATION AND GAIT ANALYSIS IN 60 PATIENTS. ACTA ORTHOP 2007; 78:74-80.
89. CHANG FM, SEIDL AJ, MUTHUSAMY K, MEININGER AK, CAROLLO JJ. EFFECTIVENESS OF INSTRUMENTED GAIT ANALYSIS IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY COMPARISON OF OUTCOMES. J PEDIATR ORTHOP 2006; 26:612-6.
90. NARAYANAN EVIDENCE-BASED MEDICINE: A PRESCRIPTION TO CHANGE THE CULTURE OF PEDIATRIC ORTHOPEDIC J PEDIATR ORTHOP. 2002 MAY-JUN; 22(3):277-8.
91. WHITTLE M, LEVINE D, RICHARDS J. NORMAL GAIT. EN "WHITTLE,S GAIT ANALYSIS" ED. CHURCHILL-LIVINGSTONE 2013.CAPÍTULO 2. PAG 40-43.

92. GAGE JR. NORMAL GAIT. EN "GAIT ANALYSIS IN CEREBRAL PALSY". ED. MAC KEITH PRESS. 1994. CAPT. 4
93. SANGHEUX CEREBRAL PALSY" ED NOVA SCIENCE PUBLISHER. 2015 CAPÍTULO 18. PAG 241-253
94. ÖUNPUU S, GORTON G, BAGLEY A, SISON-WILLIAMSON M, HASSANI S, JOHNSON B, OEFFINGER D. VARIATION IN KINEMATIC AND SPATIOTEMPORAL GAIT PARAMETERS BY GROSS MOTOR FUNCTION CLASSIFICATION SYSTEM LEVEL IN CHILDREN AND ADOLESCENTS WITH CEREBRAL PALSY. DEV MED CHILD NEUROL. 2015 OCT;57(10):955-62.
95. KINSELLA S, MORAN K GAIT POSTURE, GAIT PATTERN CATEGORIZATION OF STROKE PARTICIPANTS WITH EQUINUS DEFORMITY OF THE FOOT. 2008 JAN; 27(1):144-51.
96. ÖUNPUU S THOMASON P HARVEY A GRAHAM K. CLASIFFICATION OF CEREBRAL PALSY AND PATERNS OF GAIT PATHOLOGY. CAPIT 2.6. EN THE IDENTIFICATION AND TREATMENT OF GAIT PROBLEMS IN CEREBRAL PALSY PG.147-166
97. WHITTLE M, LEVINE RICHARDS, J. METHODS OF GAIT ANALYSIS. EN"WHITTLE'S GAIT ANALYSIS". ED. CHURCHILL-LIVINGSTONE ELSEVIER. 2012. CAPÍTULO 4. PAG 101-103.
98. B. FRERIKS, H.J. HERMENS [SENIAM 9] EUROPEAN RECOMMENDATIONS FOR SURFACE ELECTROMYOGRAPHY, RESULTS OF THE SENIAM PROJECT. ROESSINGH RESEARCH AND DEVELOPMENT B.V., 1999 (CD ROM)
99. DE LUCA CJ. THE USE OF ELECTROMYOGRAPHY IN BIOMECHANICS. J APPL BIOMECH. 1997; 13:135-163.
100. ARNOLD AS LIU MQ SCHWARTZ MH, ÖUNPUU S, DELP SL. THE ROLE OF ESTIMATING MUSCLE-TENDON LENGTHS AND VELOCITIES OF THE HAMSTRINGS IN THE EVALUATION AND TREATMENT OF CROUCH GAIT. GAIT AND POSTURE 23: 273-281.
101. HEALY HEALY, M. T., SCHWARTZ, M. H., STOUT, J. L., GAGE, J. R. & NOVACHEK, T. F. IS SIMULTANEOUS HAMSTRING LENGTHENING NECESSARY WHEN PERFORMING DISTAL FEMORAL EXTENSION OSTEOTOMY AND PATELLAR TENDON ADVANCEMENT? *GAIT POSTURE* 33, 1-5 (2011).
102. SCHWARTZ MH THE EFFECT OF GAIT PATHOLOGY ON THE ENERGY COST WALKING. 2004 GAIT AND POSTURE 13 . 260
103. THOMAS SS, BUCKON CE, PIATT JH, AIONA MD, SUSSMAN MD. A 2-YEAR FOLLOW-UP OF OUTCOMES FOLLOWING ORTHOPEDIC SURGERY OR DORSAL RHIZOTOMY IN CHILDREN WITH SPASTIC DIPLEGIA : J PEDIATR ORTHOP B 13:358-366
104. UNNITHAN VB, DOWLING JJ, FROST G, BAR-OR O. ROLE OF CO-CONTRACTION IN THE O2 COST OF WALKING IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. MED SCI SPORTS EXERC. 28: 1498-504.
105. WINTERS TF JR, GAGE JR, HICKS R. WINTER HEMIPLEGIA, GAIT PATTERNS IN SPASTIC HEMIPLEGIA IN CHILDREN AND YOUNG ADULTS. J BONE JOINT SURG AM, 1987 MAR;69(3):437-41.
106. TORRES-OVIEDO G, TING LH. MUSCLE SYNERGIES CHARACTERIZING HUMAN POSTURAL RESPONSES. J NEUROPHYSIOL 98: 2144-2156, 2007
107. DOMINICI N, IVANENKO YP, CAPPELLINI G, D'AVELLA A, MONDI V, CICCHESE M, FABIANO A, SILEI T, DI PAOLO A, GIANNINI C, POPPELE RE, LACQUANITI F. LOCOMOTOR PRIMITIVES IN NEWBORN BABIES AND THEIR DEVELOPMENT. SCIENCE. 2011;334:997-999.
108. STEELE KM, ROZUMALSKI A, SCHWARTZ MH. MUSCLE SYNERGIES AND COMPLEXITY OF NEUROMUSCULAR CONTROL DURING GAIT IN CEREBRAL PALSY. DEV MED CHILD NEUROL. 2011
109. CLARK D. J., TING L. H., ZAJAC F. E., NEPTUNE R. R., KAUTZ S. A. (2010). MERGING OF HEALTHY MOTOR MODULES PREDICTS REDUCED LOCOMOTOR PERFORMANCE AND MUSCLE COORDINATION COMPLEXITY POST-STROKE. J. NEUROPHYSIOL. 103, 844-857.
110. THOMPSON N, STEBBINS J, SENIOUROU M, NEWHMAN D. MUSCLE STRENGTH AND WALKING ABILITY IN DIPLEGIC CEREBRAL PALSY: IMPLICATIONS FOR ASSESMENT AND MANAGEMENT. GAIT POSTURE. 2011 MAR,33(3): 321-5
111. PERRY J. HEAD, TRUNK AND PELVIS. EN "GAIT ANALYSIS: NORMAL AND PATHOLOGICAL FUNCTION" 2ND ED. SLACK INCORPORATED. PAG. 121-130.
112. WHITTLE M, LEVINE RICHARDS, J. METHODS OF GAIT ANALYSIS. EN"WHITTLE'S GAIT ANALYSIS". ED. CHURCHILL-LIVINGSTONE ELSEVIER. 2012. CAPÍTULO 4. PAG 32-33.
113. STOUT J KOOP S ENERGY EXPENDITURE IN CEREBRAL PALSY EN THE TREATMENT OF GAIT PROBLEMS IN CEREBRAL PALSY ED. MCKEITH UNIVERSITY PRESS 2004 CAPT 10 PG 151-161
114. ANDERSON FC PANDY MG INDIVIDUAL MUSCLE CONTRIBUTION TO SUPPORT IN NORMAL WALKING. GAIT POSTURE 17:159-169
115. GAGE JR SCHWARTZ MH CONSEQUENCES OF BRAIN INJURY ON MUSCULOSKELETAL DEVELOPMENT. THE IDENTIFICATION AND TREATMENT OF GAIT PROBLEMS. ED MACKETH PRESS 2009 PAG 126-129
116. HICKS JL1, SCHWARTZ MH, ARNOLD AS, CROUCHED POSTURES REDUCE THE CAPACITY OF MUSCLES TO EXTEND THE HIP AND KNEE DURING THE SINGLE-LIMB STANCE PHASE OF GAIT. SL BIOMECH
117. WINTERS PATRÓN HEMI
118. DOBSON F, MORRIS ME, BAKER G, GRAHAM HK. GAIT CLASSIFICATION IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: A SYSTEMATIC REVIEW. GAIT POSTURE 2007 JAN;25(1):140-52
119. CARREIRO A, ZAVATSKY A. SHEFELBINE SJ. DETERMINATION OF GAIT PATTERNS IN CHILDREN WITH SPASTIC DIPLEGIC CEREBRAL PALSY USING PRINCIPAL COMPONENTS. GAIT POSTURE JANUARY 2009, VOL.29(1):71-75.
120. DAVIDS JR, BAGLEY AM. IDENTIFICATION OF COMMON GAIT DISRUPTION PATTERNS. J AM ACAD ORTHOP SURG. 2014. DEC;22(12):78-90
121. NIEUWENHUYA A, ÖUNPUU S, VAN CAMPENHOUT A, THEOLOGIS T, DE CAT J, STOUT J, MOLENAERS G, DE LAET T. IDENTIFICATION OF JOINT PATTERNS DURING GAIT IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: A DELPHI CONSENSUS STUDY. DEV MED CHILD NEUROL. 2016 MAR;58(3):306-13.
122. NIEUWENHUYA A, PAPAGEORGIOU E, DESLOEVERE K, MOLENAERS G, DE LAET T. PLOS ONE. 2017 JAN 12;12(1)

123. WOOTTEN ME, KADABA MP, COCHRAN GV. DYNAMIC ELECTROMYOGRAPHY. II. NORMAL PATTERNS DURING GAIT. J ORTHOP RES. 1990 MAR;8(2):259-65
124. PERRY J. MUSCLE CONTROL AND DYNAMIC ELECTROMYOGRAPHY. EN "GAIT ANALYSIS: NORMAL AND PATHOLOGICAL FUNCTION" 2ND ED. SLACK INCORPORATED. PAG. 425-446
125. GALEY SA, LERNER ZF, BULEA TC, ZIMBLER S, DAMIANO DL. EFFECTIVENESS OF SURGICAL AND NON-SURGICAL MANAGEMENT OF CROUCH GAIT IN CEREBRAL PALSY: A SYSTEMATIC REVIEW. GAIT POSTURE. 2017 FEB 24;54:93-105.
126. FROST CROUCH GAIT AMBULATORY CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. J PEDIATR ORTHOP. 2000;20:636-9.
127. ROSENTHAL BK, LEVINE DB. FRAGMENTATION OF THE DISTAL POLE OF THE PATELLA IN SPASTIC CEREBRAL PALSY. J BONE JOINT SURG AM. 1997 OCT;59(7):934-9
128. O,SULLIVAN THE KNEE KINEMATIC PATTERN ASSOCIATED WITH DISRUPTION OF THE KNEE EXTENSOR MECHANISM IN AMBULANT PATIENTS WITH DIPLEGIC CEREBRAL PALSY CLINICAL ANATOMY APRIL 2010
129. KEDEM P, SCHER DM. EVALUATION AND MANAGEMENT OF CROUCH GAIT. CURR OPIN PEDIATR 2016 FEB;28(1):55-9
130. WREN TA, RETHLEFSEN S, KAY RM. PREVALENCE OF SPECIFIC GAIT ABNORMALITIES IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: INFLUENCE OF CEREBRAL PALSY SUBTYPE, AGE, AND PREVIOUS SURGERY. J PEDIATR ORTHOP. 2005 JAN-FEB;25(1):79-83
131. DE MORAIS FILHO MC, KAWAMURA CM, LOPES JA, NEVES DL, CARDOSO M, CAIFA JB. MOST FREQUENT GAIT PATTERNS IN DIPLEGIC SPASTIC CEREBRAL PALSY. ACTA ORTOP BRAS. 2014;2(4):197-201
132. HANNA SE, ROSENBAUM PL, BARTLETT DJ, PALISANO RJ, WALTER SD, AVERY L, ET AL. STABILITY AND DECLINE IN GROSS MOTOR FUNCTION AMONG CHILDREN AND YOUTH WITH CEREBRAL PALSY AGED 2 TO 21 YEARS. DEV MED CHILD NEUROL. 2009; 51: 295-302.
133. RETFHELESEN GAIT PATTERNS PREVALENCE OF SPECIFIC GAIT ABNORMALITIES IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY REVISITED: INFLUENCE OF AGE, PRIOR SURGERY, AND GROSS MOTOR FUNCTION CLASSIFICATION SYSTEM LEVEL. DEV MED 2017 DEV MED CHILD NEUROL. 2017.
134. LAW S RISK FACTORS CONTRIBUTING TO CROUCH GAIT IN CHILDREN WITH SPASTIC CEREBRAL PALSY PHYSICAL THERAPY REVIEWS. VOLUME 19 2014 - ISSUE 2
135. DELP SL, ZAJAC FE. FORCE AND MOMENT-GENERATING CAPACITY OF LOWER-EXTREMITY MUSCLES B LS IN ADULTS WITH CEREBRAL
136. VULLERMIN C, RODDA J, RUTZ E, SHORE BJ, SMITH K, GRAHAM HK. SEVERE CROUCH GAIT IN SPASTIC DIPLEGIA CAN BE PREVENTED:A POPULATION-BASED STUDY. J BONE JOINT SURG BR. 2011 DEC;93(12):1670-5
137. TEMELLI Y, AKALAL NE.TREATMENT APPROACHES TO FLEXION CONTRACTURES OF THE KNEE. ACTA ORTHOP TRAUMATOL TURC 2009;43(2):113-120
138. STOUT J, NOVACHECK TF, GAGE JR. TREATMENT OF CROUCH GAIT. EN "THE IDENTIFICATION AND TREATMENT OF GAIT PROBLEMS IN CEREBRAL PALSY". ED. MC KEITH PRESS. 2009. CAPÍTULO 5.11. PAG. 555-578.
139. ASRAF A, KENNETH S, BADDISHAH A, NIZAH A, ANAMUL I. GAIT DISORDER REHABILITATION USING VISIÓN AND NON-VISION BASED SENSORS: A SYSTEMATIC REVIEW. BOSN J BASIC MED SCI. 2012 AUG; 12(3):193-202.
140. PERRY J, ANTONELLI D, FORD W. ANALYSIS OF KNEE JOINT FORCES DURING FLEXED KNEE STANCE. J BONE J SURG. 1975;NOV;57(7):961-7
141. STEELE KM, DEMERS MS, SCHWARZ M, DELP S. COMPRESSIVE TIBIOFEMORAL FORCE DURING CROUCH GAIT. GAIT AND POSTURE 2012 APR;35(4):556-560.
142. GANOTTI M, GORTON GE, NARBONIAK MT, GAGNAIRE N, FIL A, CHANGES IN GAIT VELOCITY, MEAN KNEE FLEXION, BODY MASS INDEX, AND POPLÍTEA ANGLE WITH AGE IN AMBULATORY CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. J PEDIATR ORTHOP. 2008; 28:103-11
143. KOOP SE. THE NATURAL HISTORY OF AMBULATION IN CEREBRAL PALSY. EN "THE IDENTIFICATION AND TREATMENT OF GAIT PROBLEMS IN CEREBRAL PALSY". ED. MC KEITH PRESS. 2009. CAPÍTULO 2.7. PAG. 167-178.
144. BOTTOS M, FELIANGELLI A, SCIUTO L, GERICKE C, VIANELLO A. FUNCTIONAL STATUS OF ADULTS WITH CEREBRAL PALSY AND IMPLICATIONS FOR TREATMENT OF CHILDREN. DEV MED CHILD NEUROL 2007; 49:647-53.
145. MARTÍNEZ CABALLERO I, RAMÍREZ BARRAGÁN A, LERMA LARA S, MARTIN LORENZO T. CIRUGÍA MÚSCULO-ESQUELÉTICA MULTINIVEL EN PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL. EN " PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL. MANEJO DE LAS ALTERACIONES MÚSCULO.ESQUELÉTICAS ASOCIADAS". ED. ERGÓN.2016. CPITULO 14. PAG 181
146. RANG M. CEREBRAL PALSY. EN "LOVELL Y WINTER PEDIATRIC ORTHOPEDICS. 3ª ED. LIPPINCOTT. 1990. PAG. 465-506.
147. NORLIN R, TKACZUK H. ONE-SESSION SURGERY FOR CORREC- TION OF LOWER EXTREMITY DEFORMITIES IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. J PEDIATR ORTHOP. 1985; 5: 208-11
148. NENE AV, EVANS GA, PATICK JH. SIMULTANEOUS MULTIPLE OPERATIONS FOR SPASTIC DIPLEGIA. J BONE JOINT SURG BR. 1993; 75: 488-94.
149. SUTHERLAND DEV MED NEUROL 1978 GAIT ANALYSIS IN CEREBRAL PALSY² DEV MED CHILD NEUROL. 1978 DEC;20(6):807-13. PERRY GAIT ANALYSIS 1990 PERRY JP. GAI T ANALYSIS: NORMAL AND PATHOLOGICAL FUNCTION. THOROFARE, NJ: SLACK, 1992
150. MCGINLEY JL, DOBSON F, GANESHALINGAM R, SHORE BJ, RUTZ E, GRAHAM HK. SINGLE-EVENT MULTILEVEL SURGERY FOR CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: A SYSTEMATIC REVIEW. DEV MED CHILD NEUROL. 2012 FEB;54(2):117-28.
151. ATLAS OF PEDIATRIC ORTHOPEDIC SURGERY. HAMSTRING LENGTHENING. LIPPINCOTT
152. MAJESTRO TC, RUDA R, INTRAMUSCULAR LENGTHENING OF THE POSTERIOR TIBIALIS MUSCLE. CLIN ORTHOP RELAT RES. 1971 SEP;79:59-60.
153. KIM H, AIONA M, SUSSMAN MD. RECURRENCE AFTER FEMORAL DEROTATIONAL OSTEOTOMY IN CEREBRAL PALSY J PEDIATR ORTHOP. 2005 NOV-DEC;25(6):739-43.

154. LAGADAMMA KC, COUTS FJ, MERCER TH. EFFECTS OF TUNNING OF ANKLE FOOTE ORTHOSES-FOOTWEAR COMBINATION USING WEDGES ON STANCE PAHSE KNEE HYPER EXTNSION IN CHILDREN WITYH CEREBRAL PALSY.- PRELIMINARY RESULTS. *DISABIL REHABIL ASSIST TECHNOL*.2009 NOV;4(6):406-13
155. DAVIDS JR, OUNPUU S, DELUCA PA, DAVIS RB. OPTIMIZATION OF WALKING ABILITY OF CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. *J BONE JOINT SURG* 2003;85A:2224- 34.
156. KOOP S, MURR S. POSTOPERATIVE CARE AND REHABILITATION. EN "THE IDENTIFICATION AND TREATMENT OF GAIT PROBLEMS IN CEREBRAL PALSY" CAPÍTULO 5.9. MC KEITH PRESS 2009. PAG 534-545
157. DAVIDS JR, ROWAN F, DAVIS RB.LNDICATIONS FOR ORTHOSES TO IMPROVE GAIT IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. *J AM ACAD ORTHOP SURG* 2007; 15:178-88.
158. KREUZ W1, LINDE R, FUNK M, MEYER-SCHROD R, FÖLL E, NOWAK-GÖTTL U, JACOBI G VALPROATE THERAPY INDUCES VON WILLEBRAND DISEASE TYPE I. *EPILEPSIA*. 1992 JAN-FEB;33(1):178-84.
159. MCDERMOTT CJ, WHITE K, BUSHBY K, SHAW PJ. HEREDITARY SPASTIC PARAPARESIS: A REVIEW OF NEW DEVELOPMENTSJ *NEUROL NEUROSURG PSYCHIATRY* 2000;69:150-160
160. TOM F. NOVACHECK JOYCE P. TROST, PT, SUE SOHRWEIDE, EXAMINATION OF THE CHILD WITH CEREBRAL PALSY
161. WILEY ME LOWER-EXTREMITY STRENGTH PROFILES IN SPASTIC CEREBRAL PALSY. *DEV MED CHILD NEUROL*. 1998 FEB;40(2):100-7.
162. PERRY J. DETERMINANTS OF MUSCLE FUNCTION IN THE SPASTIC LOWER EXTREMITY. *CLIN ORTOP REL RESEARCH*. 1993. MAR VOL 288 :10-26
163. KENDALL HO, KENDALL FP, WADSWORTHGE. *MUSCLE TESTING AND FUNCTION*, 2ND ED. LONDON: WILLIAMS AND WILKINS.
164. MC FARLANE LOWER EXTREMITY MUSCLE STRENGTH IN 6- TO 8-YEAR-OLD CHIL DREN USING HAND-HELD DYNAMOMETRY. *PEDIATR PHYS THER*. 2008 ;20(2):128-36.
165. DAVIDS THE SIGNIFICANCE OF THE CONFUSIÓN TEST BOHANNON RW, SMITH MB.INTERRATER RELIABILITY OF A MODIFIED ASHWORTH SCALE OF MUSCLE SPASTICITY. *PHYS THER*. 1987 FEB;67(2):206-7
166. HAUGH AB, PANDYAN AD, JOHNSON GR.A SYSTEMATIC REVIEW OF THE TARDIEU SCALE FOR THE MEASUREMENT OF SPASTICITY. *DISABIL REHABIL*. 2006 AUG 15;28(15):899-907.
167. JETHWA A1, MINK J, MACARTHUR C, KNIGHTS S, FEHLINGS T, FEHLINGS D DEVELOPMENT OF THE HYPERTONIA ASSESSMENT TOOL (HAT): A DISCRIMINATIVE TOOL FOR HYPERTONIA IN CHILDREN.DEV MED CHILD NEUROL. 2010 MAY;52(5):83-7.
168. WALSH M, CONNOLLY P, JENKINSON A, O'BRIEN T. LEG LENGTH DISCREPANCY--AN EXPERIMENTAL STUDY OF COMPENSATORY CHANGES IN THREE DIMENSIONS USING GAIT ANALYSIS. *GAIT POSTURE*. 2000 OCT;12(2):156-61.
169. WINTER RB, PINTO WC.SPINE. PELVIC OBLIQUITY. ITS CAUSES AND ITS TREATMENT 1986 APR;11(3):225-34.
170. MARTINEZ CABALLERO I, ANA RAMÍREZ BARRAGÁN, SERGIO LERMA LARA, TERESA MARTÍN LORENZ "CIRUGÍA MÚSCULO-ESQUELÉTICA MULTINIVEL EN PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL". EN "PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL: MANEJO DE LAS ALTERACIONES MÚSCULO-ESQUELÉTICAS ASOCIADAS." ED.ERGON 2.016. CAPÍTULO 16. PAG 181-199
171. HEYRMAN L, MOLENAERS G, DESLOOVERE K, VERHEYDEN G, DE CAT J, ELEGSAT M, FEYS H. A CLINICAL TOOL TO MEASURE TRUNK CONTROL IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: THE TRUNK CONTROL MOTOR MEASUREMENT SCALE. *RES DEV DISABIL*. 2011 NOV-DEC;32(6):2624-35.
172. RUSSELL DJ, ROSENBAUM PL, CADMAN DT. THE GROSS MOTOR FUNCTION MEASURE: A MEANS TO EVALUATE THE EFFECTS OF PHYSICAL THERAPY. *DEV MED CHILD NEUROL*. 1989; 31: 341-52
173. MARY LANE,DIANNE RUSSELL, METER ROSMBAUM,LISA AVERY." GROSS MOTOR FUNCTION MEASURE(GMFM 66 AND GMFM88) USER'S OBERT PALISANO, PETER ROSENBAUM, DOREEN BARTLETT, MICHAEL LIVINGSTON 2007
174. WORLD HEALTH ORGANIZATION. INTERNATIONAL WORLD HEALTH ORGANIZATION. INTERNATIONAL CLASSIFICATIN OF FUNCTIONING,DISABILITY AND HEALTH. CHILDREN AND YOUTH VERSION. 2007
175. HARVEY A, GRAHAM HK, MORRIS ME, BAKER R, WOLFE R. THE FUNCTIONAL MOBILITY SCALE: ABILITY TO DETECT CHANGE FOLLOWING
176. DAVIDS JR1, GIBSON TW, PUGH LI.DAVIS. QUANTITATIVE SEGMENTAL ANALYSIS OF WEIGHT-BEARING RADIOGRAPHS OF THE FOOT AND ANKLE FOR CHILDREN: NORMAL ALIGNMENT. *J PEDIATR ORTHOP*. 2005 NOV-DEC;25(6):769-76.
177. KOSHINO T, SUGIMOTO NEW MEASUREMENT OF PATELLAR HEIGHT IN THE KNEES OF CHILDREN USING THE EPIPHYSEAL LINE MIDPOINT *JOURNAL OF PEDIATRICORTHOPAEDICS*" 9(2):216-8 · MARCH 1989
178. PARK M, CHUNG CH, LEE K M, LEE S H, CHOI H. WHICH IS THE BEST METHOD TO DETEREMINE PATELLAR HEIGHT IN CHILDREN AND ADOLECENTS? *CLIN ORTHOP RELAT RES*. 2010 MAY, 468859. 1344-1351
179. GRESSELMAR R, MEDAOWS S. THE MODIFIED INSALL-SALVATI RATIO FIR ASSESSMENT OF OPATELLAR HEIGTH. *CLIN ORTHP RELAT RES*. SEP;(282):170-6.
180. CHUNG CY1, LEE KM, PARK MS, LEE SH, CHOI IH, CHO TJ VALIDITY AND RELIABILITY OF MEASURING FEMORAL ANTEVERSION AND NECK-SHAFT ANGLE IN PATIENTS WITH CEREBRAL PALSY. *J BONE JOINT SURG AM*. 2010 MAY;92(5):1195-205
181. DAVIDS JR, BENFANTI P, BLACKHURST DW, ALLEN BL. ASSESSMENT OF FEMORAL ANTEVERSION IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: ACCURACY OF THE TROCHANTERIC PROMINENCE ANGLE TEST. *J PEDIATR ORTHOP*. 2002 MAR-APR;22(2):173-8.
182. RUTZ E, HOFMANN E, BRUNNER R. PREOPERATIVE BOTULINUM TOXIN TEST INJECTIONS BEFORE MUSCLE LENGTHENING IN CEREBRAL PALSY.*J ORTHOP SCI*. 2010 SEP;15(5):647-53.
183. NIKLASCH M1, DREHER T2, DÖDERLEIN L3, WOLF SI1, ZIEGLER K1, BRUNNER R SUPERIOR FUNCTIONAL OUTCOME AFTER FEMORAL DEROTATION OSTEOTOMY ACCORDIIN CHILDREN WITH SPASTIC DIPLEGIA. *J BONE JOINT SURG*.

- 2011; 93: 451-60.
184. RUTZ E1, BAKER R, TIROSH O, BRUNNER R ARE THE RESULTS AFTER SINGLE-EVENT MULTILEVEL SURGERY IN CEREBRAL PALSY DURABLE? CLIN ORTHOP RELAT RES. 2013 MAR;471(3):1028-38.
185. RUTZ E. TIROSH O, THOMASON P, BARG, GRAHAM HK. STABILITY OF THE GROSS MOTOR CLASSIFICATION YSTEM AFTER SINGLE EVENT MULTILEVEL SURGERY IN CHILDREN WITH CEREBRAL PLASY. DEV MED NEUROL 2012 DEC;54(12): 1109-13.
186. THOMASON P, BAKER R, DODD K, TAYLOR N, SELBER P, WOLFE, GRAHAM HK. SINGLE-EVENT MULTILEVEL SURGERY IN CHILDREN WITH SPASTIC DIPLEGIA: A PILOT RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL. J BONE J SURGERY AM 2011 MAR 2;93(5):451-60.
187. GEORGE EDWIN GORTON, III, BS, MARK F. ABEL, DONNA J. OEFFINGER, ANITA BAGLEY, SARAH P. ROGERS,, DIANE DAMIANO, MARK ROMNESS, CHESTER TYLKOWSKI. A PROSPECTIVE COHORT STUDY OF THE EFFECTS OF LOWER EXTREMITY ORTHOPAEDIC SURGERY ON OUTCOME MEASURES IN AMBULATORY CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. J PEDIATR ORTHOP. 2009 DEC; 29(8): 903-909.
188. NOVAK I, MCINTYRE S, MORGAN C, CAMPBELL L, DARK L, MORTON N, ET AL. A SYSTEMATIC REVIEW OF INTERVENTIONS FOR CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: STATE OF THE EVIDENCE. DEV MED CHILD NEUROL. 2013; 55: 885- 910
189. LAMBERTS R BURGER M, DU TOIT J, LANGERAK N. A SYSTEMATIC REVIEW OF THE EFFECTS OF SINGLE- EVENT MULTILEVEL SURGERY ON GAIT PARAMETERS IN CHILDREN WITH SPASTIC CEREBRAL PALSY. PLOS ONE. OCT.18 2016 1-22
190. SCHUTTE L NARYANAN U, STOUT J, SELBER P, GAGE J, SCHWARTZ OR THE EVALUATION OF GAIT PATHOLOGY. GAIT POSTURE. 2004 FEB;19(1):85-90.
191. HILLMAN SJ CORRELATION OF THE EDIMBURGN SCORE WITH THE GILLETTE GAIT INDEX JPO 2007
192. MOLLOY M, MCDOWELL BC, KERR C, COSGROVE AP. GAIT POSTURE. 2010 ;31(4):479-82
193. MALT MA, AARLI A, BOGEN B, FEVANG JM FURTHER EVIDENCE OF VALIDITY OF THEGAIT DEVIATION INDEX.J CHILD ORTHOP. 2016 JUN;10(3):261-6
194. WILSON NC , SIGNAL N, NAUDE Y, TAYLOR D, STOTT NS. CORRELATION BETWEEN THE GAIT DEVIATION INDEX AND GROSS MOTOR FUNCTION (GMFCS LEVEL) IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY.
195. MAANUM G1, JAHNSEN R, STANGHELLE JK, SANDVIK L, LARSEN KL, KELLER A. FACE AND CONSTRUCT VALIDITY OF THE GAIT DEVIATION INDEX IN ADULTS WITH SPASTIC CEREBRAL PALSY. J REHABIL MED. 2012 MAR;44(3):272-5
196. TRUONG WH, ROZUMALSKI A, NOVACHECK TF, BEATTIE C, SCHWARTZ MH. EVALUATION OF CONVENTIONAL SELECTION CRITERIA FOR PSOAS LENGTHENING FOR INDIVIDUALS WITH CEREBRAL PALSY: A RETROSPECTIVE, CASE-CONTROLLED STUDY. J PEDIATR ORTHOP. 2011; 31: 534-40.
197. JENSEN C, ROSENLUND S, NIELSEN DB, OVERGAARD S, HOLSGAARD-LARSEN A. THE USE OF THE GAIT DEVIATION INDEX FOR THE EVALUATION OF PARTICIPANTS FOLLOWING TOTAL HIP ARTHROPLASTY: AN EXPLORATIVE RANDOMIZED TRIAL. GAIT & POSTURE. 2015;42(1):36-41
198. ESBJÖRNSSON AC1, ROZUMALSKI A, IVERSEN MD, SCHWARTZ MH, WRETNBERG P, BROSTRÖM EW.QUANTIFYING GAIT DEVIATIONS IN INDIVIDUALS WITH RHEUMATOID ARTHRITIS USING THE GAIT DEVIATION INDEX.SCAND J RHEUMATOL. 2014;43(2):124-31
199. BAKER R, MCGINLEY JL, SCHWARTZ M, THOMASON P, RODDA J, GRAHAM HK.THE MINIMAL CLINICALLY IMPORTANT DIFFERENCE FOR THE GAIT PROFILE SCORE. GAIT POSTURE. 2012 APR;35(4):612-5.
200. FERREIRA LA1, CIMOLIN V2, COSTICI PF3, ALBERTINI G4, OLIVEIRA CS5, GALLI M6GALLI EFFECTS OF GASTROCNEMIUS FASCIA LENGTHENING ON GAIT PATTERN IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY USING THE GAIT PROFILE SCORE. RES DEV DISABIL. 2014 MAY;35(5):1137-43
201. SARAPH V, ZWICK . GAIT IMPROVEMENT SURGERY IN DIPLEGIC CHILDREN: HOW LONG DO THE IMPROVEMENTS LAST?. J PEDIATR ORTHOP 2005.VOL25(3);263-267
202. THOMASON P, SELBER P, GRAHAM HK. SINGLE EVENT MULTILEVEL SURGERY IN CHILDREN WITH BILATERAL SPASTIC CEREBRAL PALSY: A 5 YEARS PROSPECTIVE COHORT STUDY. GAIT POSTURE. 2015 SEP;42(3):365-72.
203. TERJESSEN T1, LOFTERØD B, SKAARET I. GAIT IMPROVEMENT SURGERY IN AMBULATORY CHILDREN WITH DIPLEGIC CEREBRAL PALSY.ACTA ORTHOP. 2015;86(4):511-7.
204. HAUMONT T, SHAUN HAGER, CORNES H, POLJAK D, LENNON, HENLEY, DAVEDA T, NIILER T, MILLER F. FLEXED-KNEE GAIT IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: A 10-YEAR FOLLOW-UP STUDY. J CHILD ORTHOP (2013) 7:435-443
205. MC CORMICK A, BRIEN M, PLOURDE J, WOOD, ROSENBAUM P, MC LEAN J. STABILITY OF THE GROSS MOTOR FUNCTION CLASSIFICATION SYSTEM IN ADULTS WITH CEREBRAL PALSY. DEV MED CHILD NEUROL 2007; VOL 49.(4):265-269.
206. BLUMETTI FC, WU JC, BAU KV, MARTIN B, HOBSON SA, AXT MW, SELBER P.BLUMETTI ORTHOPEDIC SURGERY AND MOBILITY GOALS FOR CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY GMFCS LEVEL IV: WHAT ARE WE SETTING OUT TO ACHIEVE? J CHILD ORTHOP. 2012 DEC;6(6):485-90.
207. PINERO HIP FLEXOR CONTRACTURE AND DIMINISHED FUNCTIONAL OUTCOMES IN CEREBRAL PALSY. J PEDIATR ORTHOP .20009; 29.251-255.
208. RUTZ. HIP FLEXION DEFORMITY IMPROVES WITHOUT POAS-LENGTHENING AFTER SURGICAL CORRECTION OF FIXED KNEE FLEXION DEFORMITY IN SPASTIC DIPLEGIA. HIP INTERNATIONAL 2012 . 22(4):379-386.
209. SKAGGS S. POAS OVER THE BRIMLENGTHENINGS. ANATOMIC INVESTIGATION AND SURGICAL TECHNIQUE. CLIN ORTHOP 1977; 339, 174-17
210. BLECK. POSTURAL AND GAIT ABNORMALITIES CAUSED BY HIP-FLEXION DEFORMITY IN SPASTIC CEREBRAL PALSY:TREATMENT BY ILIOPSOAS RESECTION. J BONE J SURG AM 1971;53:1468-1488

211. SUTHERLAND DH, ZILBERFARB JL, KAUFMAN KR, WYATT MP, CHAMBERS HG. PSOAS RELEASE AT THE PELVIC BRIM IN AMBULATORY PATIENTS WITH CEREBRAL PALSY: OPERATIVE TECHNIQUE AND FUNCTIONAL OUTCOME. J PEDIATR ORTHOP. 17(5):563-70.
212. NOVACHECK T., STOUT J, TERVO R. INTRAMUSCULAR PSOAS LENGTHENING IMPROVES DYNAMIC HIP FUNCTION. J PEDIATR ORTHOP. 2002; 22: 158-64.
213. BIALIK GM, DOROCIOAK P, LEE T, AIONA MD, SUSSMAN M. ILIOPSOAS TENOTOMY AT THE LESSER TROCHANTER VERSUS AT THE PELVIC BRIM IN AMBULATORY CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. J PEDIATR ORTHOP. 2009; APR-MAY;29(3):251-5.
214. MORAIS FILHO MC, DE GODOY W, SANTOS CA. EFFECTS OF INTRAMUSCULAR PSOAS LENGTHENING ON PELVIC AND HIP MOTION IN PATIENTS WITH SPA. OUTCOME FOR GAIT-RELATED DISORDERS. MED. ENG. PHYS. 30, 434-443.10.1016
215. SCHWARTZ MH1, ROZUMALSKI A, TRUONG W, NOVACHECK TF. PREDICTING THE OUTCOME OF INTRAMUSCULAR PSOAS LENGTHENING IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY USING PREOPERATIVE GAIT DATA AND THE RANDOM FOREST ALGORITHM. GAIT POSTURE. 2013 APR;37(4):473-9
216. DELUCA PA, OUNPUU S, DAVIS RB, WALSH JH. EFFECT OF HAMSTRING AND PSOAS LENGTHENING ON PELVIC TILT IN PATIENTS WITH SPASTIC DIPLEGIC CEREBRAL PALSY. J PEDIATR ORTHOP. 1998 NOV-DEC;18(6):712-8.
217. VÉGVÁRI D, WOLF SI, HEITZMANN D, KLOTZ MCM, DREHER T. DOES PROXIMAL RECTUS FEMORIS RELEASE INFLUENCE KINEMATICS IN PATIENTS WITH CEREBRAL PALSY AND STIFF KNEE GAIT? CLIN ORTHOP RELAT RES. 2013 OCT 5;471(10):3293-300.
218. GAGE J, HICKS R, KOOP S. RECTUS FEMORIS TRANSFER TO IMPROVE KNEE FUNCTION OF CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. DEV MED CHILD NEUROL. VOL 29 APRIL 1987 PG 159-166.
219. CHAMBERS H, LAUER A, KAUFMAN K, CARDELIA JM, SUTHERLAND D. PREDICTION OF OUTCOME AFTER RECTUS FEMORIS SURGERY IN CEREBRAL PALSY. J PEDIATR ORTHOP. 1998 NOV-DEC; 18(6):703-711.
220. SAW A, SMITH PA, SIRIRUNGRUANGSAM Y, CHEN S, HASSANI S, HARRIS G, KUO KN. RECTUS FEMORIS TRANSFER FOR CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: LONG TERM OUTCOME. J PEDIATR ORTHOP. 2003 SEPT-OCT;23(5):672-678.
221. RETHFLESSEN SA, KAM G, WREN TA, KAY RM, G SA. PREDICTORS OF OUTCOME OF DISTAL RECTUS FEMORIS TRANSFER SURGERY IN AMBULATORY CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. J PEDIATR ORTHOP B. 2009 MAR;18(2):58-62.
222. HEMO T, AIONA MD, PIERCE RA, DORCIAK R, SUSSMAN MD. COMPARISON OF RECTUS FEMORIS TRANSPOSITION WITH TRADITIONAL TRANSFER FOR TREATMENT OF STIFF KNEE GAIT IN PATIENTS WITH CEREBRAL PALSY. J CHILD ORTHOP. 2007 MAR;1 (1):37-41
223. SCULLY WF, MCMULKIN ML, BAIRD GO, GORDON AB, TOMPKINS BJ, CASKEY PM. OUTCOMES OF RECTUS FEMORIS TRANSFERS IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: EFFECT OF TRANSFER SITE. J PEDIATR ORTHOP. 2013;33(3):303-8
224. DELP S, RINGWELSKI D, CARROL N. TRANSFER OF THE RECTUS FEMORIS: EFFECTS OF TRANSFER SITE ON MOMENT ARMS ABOUT THE KNEE AND HIP. J BIOMECHANICS, 1994 VOL 27. Nº 10 PP 1201-1211
225. ASAKAWA DS, BLEMKER SS, GOLD GE, DELP SL. IN VIVO MOTION OF THE RECTUS FEMORIS MUSCLE AFTER TENDON TRANSFER. J BIOMECH. 2002 AUG;35(8):1029-37.
226. ASAKAWA DS, BLEMKER SS, RAB GT, BAGLEY A, DELP SL. THREE- DIMENSIONAL MUSCLE-TENDON GEOMETRY AFTER RECTUS FEMORIS TENDON TRANSFER. J BONE JOINT SURG AM. 2004 FEB;86-A(2):348-54.
227. REINBOLT JA, FOX MD, SCHWARTZ MH, DELP SL. PREDICTING OUTCOMES OF RECTUS FEMORIS TRANSFER SURGERY GAIT POSTURE. 2009 JUL;30(1):100-5
228. CRUZ AI, OUNPUU S, DELUCA PA. DISTAL RECTUS FEMORIS INTRAMUSCULAR LENGTHENING FOR THE CORRECTION OF STIFF-KNEE GAIT IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. J PEDIATR ORTHOP. 2011 JUL-AUG;31(5):541-7
229. PRESEDO A, MEGROT F, ILHARREBORDE B, MAZDA K, PENNECOT GF. RECTUS FEMORIS DISTAL TENDON RESECTION IMPROVES KNEE MOTION IN PATIENTS WITH SPASTIC DIPLEGIA. CLIN ORTHOP REL RES. 2012 MAY;470:859.1312-9
230. DREHER T, WOLF S, MAIER M, HAGMANN S, VEGVARI D, GANTZ S, BRAATZ F. LONG-TERM RESULTS AFTER DISTAL RECTUS FEMORIS TRANSFER AS A PART OF MULTILEVEL SURGERY FOR THE CORRECTION OF STIFF-KNEE GAIT IN SPASTIC DIPLEGIC CEREBRAL PALSY. J BONE JOINT SURG AM. 2012 OCT 3;94(19):E142(1-10).
231. SARAPH V, ZWICK EB, UITS C, LINHART W, STEINWENDER G. THE BAUMANN PROCEDURE FOR FIXED CONTRACTURES OF THE GASTROCNEMIUS IN CEREBRAL PALSY. J BONE JOINT SURG (BR). 2000;82-B;535-40.
232. BORTON DC, WALKER K, PIPIRIS M, NATTRASS GR, GRAHAM HK. ISOLATED CALF LENGTHENING IN CEREBRAL PALSY. OUTCOME ANALYSIS OF RISK FACTORS. J BONE JOINT SURG BR. 2001 APR;83(3):364-70.
233. SHORE BJ, WHITE N, GRAHAM HK. SURGICAL CORRECTION OF EQUINUS DEFORMITY IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: A SYSTEMATIC REVIEW. JOURNAL OF CHILD ORTHOP. 2010 AUG;48:49:277-290
234. PIPIRIS M, TRIVETT A, BAKER R, RODDA J. FEMORAL DEROTATION OSTEOTOMY IN SPASTIC DIPLEGIA PROXIMAL OR DISTAL. J BONE JOINT SURG BR. 2003 MAR;85(2):265-72
235. DREHER T. INTERNAL ROTATION GAIT IN SPASTIC DIPLEGIA- CRITICAL CONSIDERATIONS FOR THE FEMORAL DEROTATION OSTEOTOMY GAIT AND POSTURE. 2007
236. SCHWARTZ MH, ROZUMALSKI A, NOVACHECK TF. FEMORAL DEROTATIONAL OSTEOTOMY: SURGICAL INDICATIONS AND OUTCOMES IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. GAIT POSTURE. 2014; FEB;39(2):778-83
237. DREHER T, WOLF S, HEITZMANN D. LONG TERM OUTCOME OF FEMORAL DEROTATION OSTEOTOMY IN CHILDREN WITH SPASTIC DIPLEGIA. GAIT POSTURE. 2012 JUL 36(3):467-70. LONG TERM DEROTATION OSTEOTOMY GAIT AND POSTURE. 2012
238. COOKE PH, CAREY RP, WILLIAMS PF. LOWER FEMORAL OSTEOTOMY IN CEREBRAL PALSY: BRIEF REPORT. JOURNAL OF BONE JOINT SURG BR. 1989 JAN;71(1):146-7.
239. RUTZ E. DISTAL FEMORAL OSTEOTOMY USING LCP PEDIATRIC CONDYLAR PLATE IN PATIENTS WITH NEUROMUSCULAR

- DISORDERS JPO 2012,
240. BARROSMILLER INTRAMEDULLARY NAILFIXATIO OF FEMORAL AND TIBIAL PERCUTANEOUS ROTATIONAL OSTEOTOMY IN SKELETALLY MATURE ADOLESCENTS WITH CEREBRAL PALSY JPO 2006.
 241. INAN CORRECTION OF ROTATIONAL DEFORMITY OF THE TIBIA IN CEREBRAL PALSY BY PERCUTANEOUS SUPRAMALLEOLAR OSTEOTOMY JBJS OCT 2005
 242. MOSCA JBJSAM 1995 CALCANEAL LENGTHENING PTOMATIC FLATFOOT AND SKEWFOOT
 243. TURRIAGO TALONAVICULAR JOINT ARTHRODESIS FOR THE TREATMENT OF PES PLANUS VALGUS IN OLDER CHILDREN AND ADOLESCENTS WITH CEREBRAL PALSY. J CHILD ORTHOP 2009 ;3(3):179-183
 244. WESTBERRY EFFECTIVENESS OF SERIAL STRETCH CASTING FOR RESISTANT OR RECURRENT KNEE FLEXION CONTRACTURES FOLLOWING HAMSTRING LENGTHENING
 245. YOUNG JL, RODDA J, SELBER P, RUTZ E, GRAHAM HK. MANAGEMENT OF THE KNEE IN SPASTIC DIPLEGIA: WHAT IS THE DOSE? ORTHOP CLIN NORTH AM. 201
 246. DREHER DEVELOPMENT OF KNEE FUNCTION AFTER HAMSTRING LENGTHENING AS A PART OF MULTILEVEL SURGERY IN CHILDREN WITH SPASTIC DIPLEGIA JBJSAM 2012
 247. EGGERS TRANSPLANTATION OF HAMSTRING TENDONS TO FEMORAL CONDYLES IN ORDER TO IMPROVE EXTENSION AND TO DECREASE KNEE FLEXION JBJSAM 1952
 248. METAXIOTIS CONVERSION OF BIARTICULAR TO MONOARTICULAR MUSCLES AS A COMPONENT OF MULTILEVEL SURGERY IN SPASTIC DIPLEGIA JAN 2004 METAXIOTIS
 249. DREHER LONG TERM
 250. DE MATTOS COMPARISON OF HAMSTRING LENGTHENING IN AMBULATORY CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: FURTHER FOLLOWUP
 251. WORATANAT P, DABNEY KW, MILLER F. KNEE CAPSULOTOMY FOR FIXED KNEE FLEXION CONTRACTURE, ACTA ORTHOP TRAUMATOL TURC. 2009;43(2):121-7
 252. HEYDARIAN POSTERIOR CAPSULOTOMY FOR THE TREATMENT OF SEVERE FLEXION CONTRACTURES OF THE KNEE 1984 JPO 1984
 253. DEL BELLO D., WATTS H. OSTEOTOMY FOR KNEE FLEXION CONTRACTURE IN PATIENTS WITH ARTHROGRYPOSIS. J PEDIATR ORTHOP. 16(1):122-6
 254. WILSON POSTERIOR CAPSULOPLASTY IN CERTAIN FLEXION CONTRACTURES OF THE KNEE JBJSAM 1929 WILSON
 255. MILLER F. KNEE LEG AND FOOT. EN "CEREBRAL PALSY". ED. SPRINGER 2005. CAPÍTULO 11. PAG. 667-697.
 256. CHANDLER ESTABLISHMENT OF NORMAL LEVERAGE OF PATELLA IN KNEE FLEXION DEFORMITY IN SPASTIC PARALYSIS SURG. GYNECOLOGY AND OBSTETRICS 523-527
 257. BEALS 2001. TREATMENT OF KNEE CONTRACTURE IN CEREBRAL PALSY BY HAMSTRING LENGTHENING, POSTERIOR CAPSULOTOMY,
 258. JOSEPH B. MANAGEMENT OF SEVERE CROUCH GAIT IN CHILDREN AND ADOLESCENTS WITH CEREBRAL PALSY. J PEDIATR ORTHOP. 2010 DEC. VOL 30(8)-832-9.
 259. SOSSAI R, VAVKEN P, BRUNNER R, CAMATHIAS C, GRAHAM HK, RUTZ E. PATELLAR TENDON SHORTENING FOR FLEXED KNEE GAIT IN SPASTIC DIPLEGIA. GAIT POSTURE 2015 FEB; 41 (2): 658-65.
 260. SEIDL A, BALDINI T, KRUGOFF BA, SHAPIRO JA, LINDEQUE B, RHODES J. BIOMECHANICAL ASSESSMENT OF PATELLAR ADVANCEMENT PROCEDURES FOR PATELLA ALTA. MAY/JUNE 2016-VOL. 39(3) E492-E497.
 261. KLOTZ MC, HIRSCH K, HEITZMANN D, MAIER MW, HAGMANN S, DREHER T. DISTAL FEMORAL EXTENSION OSTEOTOMY AS A PART OF MULTILEVEL SURGERY IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. WORLD J PEDIATR. 2016 DEC 23
 262. BÖHM H, HÖSL M, DODERLEIN L. PREDICTORS FOR ANTERIOR PELVIC TILT FOLLOWING SURGICAL CORRECTION OF FLEXED KNEE GAIT INCLUDING PATELLAR TENDON SHORTENING IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY. GAIT POSTURE 2017 FEB 21;54:8-14.
 263. KRAMER A, STEVENS PM. ANTERIOR FEMORAL STAPLING. J PEDIATR ORTHOP. 2001 NOV-DEC;21(6):804-7.
 264. KLATT J, STEVENS PM. GUIDED GROWTH FOR FIXED KNEE FLEXION DEFORMITY. J PEDIATR ORTHOP. 28:626-631.
 265. MAC WILLIAMS BA, HRJINENDER B, STEVENS PM. GUIDED GROWTH FOR CORRECTION OF KNEE FLEXION DEFORMITY: A SERIES OF FOUR CASES. STRAT. TRAUM LIMB RECON (2011) 6:83-90. WILLIAMS.
 266. OSGOOD. A METHOD OF OSTEOTOMY OF THE LOWER END OF THE FEMUR IN CASES OF PERMANENT FLEXION OF THE KNEE. AM J ORTHOP SURG. 1913. 2, 336-346. OSGOOD OSTEOTOMY
 267. LEONG. SUPRACONDYLAR FEMORAL EXTENSION OSTEOTOMY FOR KNEE FLEXION CONTRACTURE RESULTING FROM POLLIOMYELITIS. J BONE JOINT SURG 1982;64:198-201
 268. DEL BELLO, WATTS. DISTAL FEMORAL EXTENSION OSTEOTOMY FOR KNEE FLEXION CONTRACTURE IN PATIENTS WITH ARTHROGRYPOSIS. 1996 J PED. ORTHOP 16: 122-126 DEL BELLO
 269. ZIMMERMAN. SUPRACONDYLAR FEMORAL EXTENSION OSTEOTOMY IN THE TREATMENT OF FIXED FLEXION DEFORMITY OF THE KNEE. CLIN. ORTHOP 1982 171. 87-93
 270. GRANT. CORRECTION OF FLEXION DEFORMITY OF THE KNEE BY SUPRA CONDYLAR OSTEOTOMY. BULL. HOPS. JT. DIS ORTHOP INST. 1982;42:28-38.
 271. DASS SUPRACONDYLAR FEMORAL EXTENSION OSTEOTOMY AND PATELLAR ADVANCEMENT IN THE MANAGEMENT OF PERSISTENT CROUCH GAIT IN CEREBRAL PALSY INDIAN JOURNAL ORTHOPEDICS INDIAN JOURNAL ORTHOPEDICS 2012 46:221-228.
 272. HERZENBERG. MECHANICAL DISTRACTION FOR TREATMENT OF SEVERE KNEE FLEXION CONTRACTURES. CLIN ORTHOP 1994. 301:80-81.

273. GUTIERREZ CARBONELL P, VALIENTE VALERO J, DOMENECH FERNÁNDEZ P, ROCA VICENTE-FRANQUEIRA J. MONOLATERAL EXTERNAL FIXATION FOR PROGRESSIVE CORRECTION OF NEURO- LOGICAL SPASTIC KNEE FLEXION CONTRACTURE IN CHILDREN. STRATEGIES TRAUMA LIMB RECONSTR. 2007; 2: 91-7.
274. MARTIN TREATMENT OF KNEE FLEXION CONTRACTURE DUE TO CENTRAL LESIONS IN ADULTS. J. N. J. B. S. A. M. 2006; MARTIN FIJACIÓN EXTERNA EN ADULTOS
275. MARTÍNEZ CABALLERO I, LERMA LARA S, RAMÍREZ BARRAGAN A, FERULLO M. CASTILL A. CIRUGÍA MULTINIVEL PARA LAS ALTERACIONES DE LA DEAMBULACIÓN EN PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL. EVALUACIÓN CUANTITATIVA, FUNCIONAL Y DE SATISFACCIÓN DE LOS RESULTADOS CONSEGUIDOS. TRAUMA. 2013;10:224-9
276. GÓMEZ-ANDRÉS D, PULIDO VALDEOLIVAS I, MARTÍN -GONZALO J, LÓPEZ-LÓPEZ JAVIER, MARTÍNEZ CABALLERO I, GÓMEZ BARRENA E, RAUSELL E. EVALUACIÓN EXTERNA DE LOS CAMBIOS FUNCIONALES Y LA MARCHA TRAS UNA SESIÓN DE MIOFIBROTOMÍA MÚLTIPLE EN ESCOLARES CON DIPLEGIA ESPÁSTICA. REV NURO 2014;58(6):247-254.
277. MARTÍNEZ I. TRATAMIENTO DE FLEXOS SEVEROS DE RODILLA MEDIANTE CAPSULOTOMIA POSTERIOR. VALORACIÓN DE RESULTADOS. CONGRESO SEOP MADRID 2008.
278. MARTÍNEZ I. CORRECCIÓN DE FLEXOS SEVEROS DE RODILLA EN PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL. CONGRESO SECOT MÁLAGA 2013.
279. MARTÍNEZ I. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE IMPLANTES PARA LA FIJACIÓN DE LA OSTEOTOMIA EXTENSORA FEMORAL DISTAL. CONGRESO SEOP MADRID 2012
280. MARTÍNEZ I. VALORACIÓN DE RESULTADOS DE LA CORRECCIÓN DEL FLEXO DE RODILLAS CON PLACAS EN OCHO.
281. MARTÍNEZ I. UTILIZACIÓN DEL GDI TRAS LA CIRUGÍA MULTINIVEL EN PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL. CONGRESO SEOP PAMPLONA.
282. DAVIS RB, OUNPUU S, TYBURSKI DJ. A GAIT ANALYSIS DATA COLLECTION AND REDUCTION TECHNIQUE. HUM MOV SCI. 1991; 10: 575-87.
283. HSU W, C.L. LEWIS, G.M. MONAGHAN, E. SALTZMAN, J. HAMILL, K.G. HOLT, ORTHOSES POSTED IN BOTH THE FOREFOOT AND REARFOOT REDUCE MOMENTS AND ANGULAR IMPULSES ON LOWER EXTREMITY JOINTS DURING WALK
284. ADDIN MENDELEY BIBLIOGRAPHY CSL_BIBLIOGRAPHY HORSACK, B D. ARTNER, A. BACA, B. POBATSCHING, S. GREBER-PLATZER, S. NEHRER, B. WONDASCH, THE EFFECTS OF A STRENGTH AND NEUROMUSCULAR EXERCISE PROGRAMME FOR THE LOWER EXTREMITY ON KNEE LOAD, PAIN AND FUNCTION IN OBESE CHILDREN AND ADOLESCENTS: .

